

Aus dem Institut für Anaesthesiologie
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor: Professor Dr. R. Frey)

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN VON
EINFACHEN BEATMUNGSGERÄTEN

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Walter Galloy
aus Mainz

Mainz 1975



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554415_0071

Aus dem Institut für Anaesthesiologie
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor: Professor Dr. R. Frey)

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN VON
EINFACHEN BEATMUNGSGERÄTEN

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen



vorgelegt von
Walter Galloy
aus Mainz
Mainz 1975



Fachbereichsdekan: Professor Dr. R. Wolf
Referent: Professor Dr. R. Frey
Korreferent: Professor Dr. H.-U. Gerbershagen

Tag der mündlichen Prüfung: 17.12.1975

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Einleitung und Fragestellung	1
B. Eigene Untersuchungen	6
I. Einführung	6
II. Versuchsaufbau	8
III. Versuchsdurchführung	11
IV. Ergebnisse	13
V. Statistische Auswertung	22
C. Diskussion	26
D. Schlußfolgerungen	37
E. Zusammenfassung	38
F. Literaturübersicht	41
G. Anhang	44
1. Abbildungen	45
2. Tabellen	64
H. Lebenslauf	86

A. Einleitung und Fragestellung

Es wird gelehrt, daß bei Atemstillstand die Atemspende als erste Hilfe zur Normalisierung der Atemfunktion Anwendung finden muß (8). Der große Vorteil anderen Hilfsmitteln gegenüber besteht darin, daß die Mund-zu-Mund- oder Mund-zu-Nase-Beatmung sofort und ohne Zeitverlust aufgenommen werden kann (10, 5). Dabei hat die Atemspende solange zu erfolgen, bis einfache Beatmungsgeräte eingesetzt werden können. Dies trifft besonders zu für länger dauernde Beatmung am Unfallort, auf dem Transport zum Krankenhaus und auch für die Notfallbeatmung im Krankenhaus bis zur Intubation durch einen Arzt und anschließende Respiratorbeatmung.

Einfache Beatmungsgeräte sollten zumindest in jeder ärztlichen- und zahnärztlichen Praxis, in jedem Krankenwagen und in jeder Rettungsstation vorhanden sein (4, 5, 6).

Die einfachen Beatmungsgeräte können grundsätzlich in drei Typen eingeteilt werden:

1. Balg-Beatmungsgerät
2. Beatmungsbeutel
3. Beatmungsball

ad 1.

Balg-Beatmungsgeräte (wie das KREISELMANN-Balgbeatmungsgerät) finden heute in der Notfallbeatmung keine Anwendung mehr, da sie zu umständlich sind und den Helfer zu schnell

ermüden lassen. Beatmungsbälge, die direkt auf das Gesicht des Patienten aufgesetzt werden, beinhalten die Gefahr, daß bei der Kompression der Unterkiefer und die Zunge zurückgedrängt werden und so zu einer Verlegung der Atemwege führen.

ad 2.

Der Beatmungsbeutel besteht aus einem elastischen Latex-Innenkörper und einer elastischen Außenhülle wie z.B. beim Ambu-Beutel (2). Dabei hat der Latex-Innenkörper die Aufgabe, den komprimierten Beutel wieder zu entfalten, und die elastische Außenhülle übernimmt die Funktion der Volumen- und Druckbegrenzung. Die Außenhülle dieser Beatmungsbeutel besteht im allgemeinen aus unempfindlichem Neopren.

ad 3.

Der Beatmungsball besteht aus einer einzigen Hülle (Kunststoff oder Plastik). Diese Hülle besitzt eine Doppelfunktion: sie dient gleichzeitig der Volumenbegrenzung und der Expansion des komprimierten Ballgerätes.

Aufgrund seiner Doppelfunktion ist ein Beatmungsball in seinem Material starrer beschaffen als ein Beutel. Der Ball läßt sich schwerer komprimieren, und bei Dauerbetrieb wird der Beatmer zumeist schneller ermüden. Dies ist ein wesentlicher Nachteil. Ein weiterer großer Nachteil besteht darin, daß Maximalbeatmungsdrucke entstehen können, die über 70 cm Wassersäule liegen (17). In die

Beutel und Bälle eingebaute Sicherheitsventile sollen gefährlich hohe Beatmungsdrucke verhindern können.

Heute sind die Beutel und Bälle in der Mehrzahl mit Feder- und Membranventilen ausgerüstet. Grundsätzlich sollte man erwarten, daß die Ventile unkompliziert aufgebaut sind und sich bei der Reinigung leicht auseinandernehmen und zusammenbauen lassen. Ferner sollten sie aus durchsichtigem Material bestehen (6), damit bei einer etwaigen Funktionsuntüchtigkeit ein Fehlverhalten schon optisch festgestellt werden kann. Die Ventile sollten keine Rückatmung in die Beutel und Bälle zulassen, wenngleich HÜGIN (14) eine "möglichst geringe" Rückatmungsquote toleriert.

Zahlreiche Funktionsanalysen über die verschiedenen einfachen Beatmungsgeräte wurden im Laufe der vergangenen Jahre publiziert (2, 7, 14, 27). Hierbei wurden im wesentlichen die erzielten Maximaldrucke bei verschlossenem "Atemweg", die maximal pro Minute erreichten Beatmungsfrequenzen und -volumina und Sauerstoffkonzentration bei zusätzlicher O_2 -Zufuhr untersucht. Auch die Funktionsfähigkeit unter extremen Kälte- und Hitzesituationen konnte erfaßt werden. Betrachtet man jedoch die einzelnen Veröffentlichungen mit ihrer sehr unterschiedlichen Untersuchungsmethodik, so fällt auf, daß kaum ein Parameter unter klinischen notfallsimulierenden Bedingungen ermittelt wurde. So wurden u.a. die bei respiratorischen Komplikationen zu-

meist erniedrigte Compliance unter Einfluß hoher Beatmungsfrequenzen auf das pulmonale und kardiovaskuläre System nicht berücksichtigt. Zugleich bedeutet diese Nichtberücksichtigung auch, daß die Leistungsfähigkeit der einzelnen Beatmungsgeräte nicht unter solchen Testanordnungen bestimmt wurde.

In der vorliegenden Arbeit sollen daher Beatmungsbeutel/-bälle vergleichend untersucht und folgende Fragen beantwortet werden:

1. Welche maximalen Beatmungsvolumina und -frequenzen erreichen die Beatmungsgeräte, wenn kein Widerstand vorgeschaltet ist ?
2. Welche Beatmungsvolumina erzielen die Beatmungsbeutel/-bälle bei einer erniedrigten Compliance und bei klinisch angewandten Beatmungsfrequenzen ?
3. Welche Beatmungsdrucke werden wirksam bei erniedrigter Compliance und bei klinisch angewandten Beatmungsfrequenzen ?
4. Welcher Beatmungsflow entsteht bei gleichen notfallsimulierenden Situationen ?
5. Welche Maximaldrucke treten bei der Simulation eines völlig obstruierten Atemweges auf ?
6. Sind die bei den Beatmungsbeuteln/-bällen verwandten Ventile Nischtrückatmungsventile ?

7. Wie verhalten sich die einfachen Beatmungsgeräte während der praktischen Anwendung ?

B. Eigene Untersuchungen

I. Einführung

Die Mehrzahl der Krankenhäuser, Notfallstationen, Arztpraxen, Wehrmedizinischen Bereiche und Kranken- und Rettungswagen dürften mit folgenden einfachen Beatmungsgeräten ausgerüstet sein:

1. Aga - Revivator	(Schweden)	Abb. 1
2. Air Viva - Resuscitator	(Australien)	Abb. 2
3. Ambu - Beutel	(Dänemark)	Abb. 3
4. Dräger	(Deutschland)	Abb. 4
5. Gnom alt	(Deutschland)	Abb. 5
6. Gnom neu	(Deutschland)	Abb. 6
7. Hope - Resuscitator	(USA)	Abb. 7
8. Laerdal - Faltball	(Norwegen)	Abb. 8
9. Ox - Vital - Ballbeatmer	(Deutschland)	Abb. 9
10. Vitalograph-Resuscitator	(England)	Abb. 10

Daher wurden diese Geräte in die vorliegenden Untersuchungen einbezogen.

Bei meinen Voruntersuchungen stellte ich fest, daß von medizinischen Hilfspersonal, aber gelegentlich auch von Ärzten, bei der Notfallbeatmung mit den Beatmungsbeuteln und -bällen Beatmungsfrequenzen über 40 Atemzüge pro Minute angewandt wurden. Ohne die klinische Gefährlichkeit dieser erhöhten Beatmungsfrequenzen näher zu betrachten, sind für eine vergleichende und m.E. optimale und lehrbare

Frequenzwahl nur Frequenzen zwischen 15 und 20 Atemzüge pro Minute möglich. Zusätzlich ist von Vorteil, wenn ein fixiertes Inspirations- Expirations-Verhältnis zumindest bei Testuntersuchungen der einzelnen Geräte berücksichtigt wird.

Bei bronchopulmonalen Erkrankungen aber auch bei zahlreichen Notfallsituationen (z.B. Aspiration), kann eine mehr oder weniger deutliche Erniedrigung der Compliance nachgewiesen werden. Um den Einfluß solch verschiedener Compliance-Werte zu bestimmen, wurden für diese Versuchsanordnung Compliances von 0,050 und 0,020 l/cm H₂O gewählt.

Idealerweise sollten die Beutel bzw. Ball-"Kompressionen" von einem leicht adaptierbaren Apparat ausgeführt werden. Nach eigenen Vorversuchen (z.B. Kompression der Geräte durch erhöhten Luftdruck in einer abgeschlossenen Kammer) ist diese Forderung nur unter größtem technischen und z.T. die Ventilfunktion beeinträchtigenden Aufwand möglich. Daher wurden für diese Testreihe drei Beatmer mit unterschiedlicher Erfahrung und Handgröße um ihre Mithilfe gebeten.

Die erreichbaren Sauerstoffkonzentrationen bei einer zusätzlichen O₂-Zufuhr mußten in diese Untersuchungen nicht miteinbezogen werden, da sie in einer Arbeit von OTTERBACH (19) bei fast identischem Versuchsaufbau beschrieben werden.

II. Versuchsaufbau

Als Testlung für die Ermittlung der durchschnittlichen Beatmungsvolumina, -drucke und -flows pro Minute unter notfallmedizinischen Aspekten diente eine 50-l-Glasflasche (Abb. 11). Die besprochenen zwei Compliance-Werte wurden erreicht, indem das Volumen der Glasflasche durch Auffüllen mit Wasser variiert wurde, und die Compliance mit einer 1-l-Eichspritze und einem Eichmanometer bestimmt wurde.

Bei diesen Untersuchungen erfolgte die Messung:

1. der Beatmungsvolumina (ml) pneumotachographisch mit adäquaten Integratoren und Verstärkern (Fa. Jäger, Würzburg).
2. der Beatmungsdrucke (cm H₂O) mit elektronischen Druckwandlern und zugehöriger Elektronik.
3. der Beatmungsflows (ml/sec) pneumotachographisch mit entsprechenden Verstärkern (Fa. Jäger, Würzburg).

Diese Meßgrößen wurden auf einem Mehrkanalschreiber (Fa. Lichtie, Bern) aufgezeichnet. Die Auswertung der Ergebnisse ergab sich aus diesen Aufzeichnungen.

Die Tonbandwiedergabe der Atemgeräusche eines Engström-Respirators erlaubte eine genaue Einhaltung der Frequenzen von 15 und 20 Atemzüge pro Minute und des Inspirations- und Expirationsverhältnisses.

Die Versuche wurden von drei Beatmern durchgeführt, um eine breite Streuung der Ergebnisse zu erreichen. Die drei Beatmer unterscheiden sich:

- a. in bezug auf Erfahrung
- b. in bezug auf die Größe der Handfläche
- c. in bezug auf die Greifkraft

Beatmer A erfahrener Anaesthesist

Handgröße: 168,6 cm²

Greifkraft: 56 kp

Beatmer B Laienhelfer

Handgröße: 163,9 cm²

Greifkraft: 46 kp

Beatmer C ungeübter Beatmer

Handgröße: 192,3 cm²

Greifkraft: 68 kp

Die Maximaldrucke (mm Hg) wurden unter Verwendung eines elektronischen Druckübertragers vom Typ Statham ermittelt. Die erreichten Maximaldrucke wurden von einem Helcograph-Schreiber (Fa. Hellige & Co, Freiburg) registriert.

Mit Hilfe eines Douglassackes wurden die Ventile geprüft, ob sie Rückatmung in die Beutel und Bälle zulassen. Der Douglassack war mit einem 10 %igen CO₂-Gasgemisch gefüllt.

In einer ersten qualitativen Untersuchung wurden massenspektrometrisch (Massenspektrometer MAT 3, Varian MAT,

Bremen) hinter den Ventilen evtl. auftretende CO_2 -Konzentrationen gemessen.

In einem zweiten quantitativen Untersuchungsgang wurde zwischen Ventil und Douglassack ein auf Dichtigkeit geprüfetes Dreiwegventil eingebaut. Das Dreiwegventil verhinderte ein Beatmen des Douglassackes. Während des Ansaugvorganges blieb jedoch die Verbindung Beatmungsgerät und Douglassack (CO_2 -Gemisch) unberührt wie bei der ersten Untersuchung.

Auftretende CO_2 -Konzentrationen wurden massenspektrometrisch im Beutelinne (in der Mitte) gemessen.

Auf einem Mehrkanalschreiber wurden bei einer Atemfrequenz von 15 Beatmungen pro Minute das Beatmungsvolumen und auftretende CO_2 -Konzentrationen registriert.

III. Versuchsdurchführung

1. Maximale Beatmungsvolumina und -frequenzen

Die Beutel und Bälle wurden an den Pneumotachographen angeschlossen. Das maximale Atemminutenvolumen und die dabei erzielte Frequenz wurden ermittelt, indem die Beatmungsgeräte so oft wie möglich pro Minute komprimiert wurden, wobei Voraussetzung war, daß nach jeder Kompression der Beutel bzw. Ball sich wieder neu entfaltete. Die Beatmungsgeräte wurden bei diesen Untersuchungen maximal entleert.

2. Durchschnittliche Beatmungsvolumina

Über den Pneumotachographen wurden die zu prüfenden Beatmungsbeutel/-bälle an die Testlunge angeschlossen. Nach den o.g. Versuchsbedingungen wurden die Beutel/Bälle bei Frequenzen von 15 und 20 pro Minute komprimiert. Das Komprimieren eines jeden Beatmungsgerätes wurde auf 1 1/2 Minuten begrenzt, um bei den einzelnen Versuchsgängen ein vorzeitiges Ermüden der Beatmer zu vermeiden.

3. Durchschnittliche Beatmungsdrucke

4. Durchschnittliche Flows

Die gleichen Versuchsdurchführungen wie unter 2. galten für das Ermitteln der durchschnittlichen Beatmungsdrucke und der Flows.

5. Maximaldrucke bei Atemwegsverlegung

Die Beatmungsbeutel/-bälle wurden an das Stathamdruckmeßgerät angebracht. Jeder Beatmer komprimiert die einzelnen Beatmungsgeräte mit maximalem Kraftaufwand. Die Kompressionen mit einer Hand wurden von jedem Beatmer pro Beatmungsgerät dreimal durchgeführt.

6. Dichtigkeit der Ventile

- a. Über den Pneumotachographen wurden die Beatmungsgeräte an den Douglassack angeschlossen. Bei einmaligem Ventilierten der Beatmungsgeräte (Komprimieren-Wiederentfalten) konnten durch Aufzeigen von CO_2 -Konzentrationen Undichtigkeiten der Ventile nachgewiesen werden.
- b. In Abänderung zu a. wurde mit einer Frequenz von 15 pro Minute in den Douglassack beatmet. Es kamen nur die Beutel und Bälle zur Anwendung, die sich im Versuch a. als nichtrückatmungsfrei erwiesen.

Die Beatmung mit den entsprechenden Beuteln und Bällen erfolgte solange, bis eine gleichbleibende CO_2 -Konzentration erreicht wurde.

7. Während der Durchführung der Versuche wurden die Beatmungsgeräte eingehend einer kritischen Prüfung unterzogen. Sie erstreckte sich auf:
 1. Handlichkeit
 2. Handhabung.

IV. Ergebnisse

Die Volumen-, Druck- und Flowmittelwerte der drei Beatmer sind unter Berücksichtigung der Frequenzen ($n=15$; $n=20$) und der Compliances ($C=0,020$ l/cm H_2O ; $C=0,050$ l/cm H_2O) einzeln für jeden Ball bzw. Beutel in den Abbildungen 12 - 21 graphisch dargestellt.

a. Durchschnittliche Beatmungsvolumina

Die durchschnittlichen Beatmungsvolumina bei der Frequenz von 15 pro Minute ($n=15$) und der leicht erniedrigten Compliance ($C=0,050$ l/cm H_2O) der drei Beatmer werden in Tabelle 1 wiedergegeben. Die Werte für $n=20$ und $C=0,050$ l/cm H_2O sind in Tabelle 2 aufgezählt.

Nach den Volumenmittelwerten kann man die Beatmungsbeutel/-bälle in drei Gruppen einteilen. Mittelwerte von 950 - 1.300 ml erreichen die Beatmungsgeräte Ambu, Hope und Laerdal.

Die 2. Gruppe setzt sich zusammen aus den Beatmungsbällen Aga, Air Viva, Dräger, Gnom neu, Ox-Vital und Vitalograph, die durchschnittliche Volumenwerte von 800 ml liefern.

Ein äußerst niedriges Volumen von 500 ml erzielt der Gnom alt.

Beim Betrachten der Werte fällt auf, daß sich außer bei Dräger und Laerdal kein auffälliger Beatmungsvolumenunterschied bei den Frequenzen $n=15$ und $n=20$ zeigt. Der Volumenunterschied zwischen beiden Frequenzen beträgt für den

Dräger 200 ml und für den Laerdal 350 ml.

Die statistische Auswertung ergibt, daß fast alle Beutel und Bälle untereinander signifikante Unterschiede hinsichtlich der Beatmungsvolumina aufweisen.

Die durchschnittlichen Beatmungsvolumina für $n=15$ und $C=0,020$ l/cm H_2O der drei Beatmer können in Tabelle 3 eingesehen werden. Die Werte für $n=20$ und $C=0,020$ l/cm H_2O werden in Tabelle 4 berücksichtigt.

Bei der niedrigeren Compliance ($C=0,020$ l/cm H_2O) sind für den Ambu-Beatmungsbeutel als einzigem Beatmungsgerät bei beiden Frequenzen ein Volumenmittelwert von 700 ml errechnet worden.

Für die Beatmungsbälle Hope und Laerdal sind 650 ml gemessen worden. Die gleichen Volumina bei der Frequenz von 15 erzielen auch die Bälle Gnom neu und Dräger, während sie bei der Frequenz von 20 pro Minute 100 ml bzw. 60 ml weniger Volumen erbringen.

Die dritte Gruppe wird von den Beatmungsbällen Aga, Ox-Vital und Vitalograph gebildet, die Volumenmittelwerte zwischen 500 und 600 ml erreichen.

Ein durchschnittliches Beatmungsvolumen von 500 ml wird für den Air Viva abgelesen. Gnom alt erlangt nur 300 ml.

Der Beatmungsvolumenunterschied zwischen beiden Frequenzen ($n=15$ und $n=20$) liegt bei etwa 50 ml. Bei Gnom neu und

Ox-Vital beträgt der Unterschied 100 ml.

Die Unterschiede zwischen den Beuteln und Bällen sind bei der niedrigeren Compliance ($C=0,020$ l/cm H_2O) hinsichtlich der Beatmungsvolumina ebenfalls statistisch gesichert.

b. Durchschnittliche Beatmungsdrucke

Die durchschnittlichen Beatmungsdrucke bei der Frequenz von 15 pro Minute ($n=15$) und der Compliance $C=0,050$ l/cm H_2O der drei Beatmer sind in Tabelle 5 aufgezeichnet. Die Werte für $n=20$ und $C=0,050$ l/cm H_2O werden in Tabelle 6 dargestellt.

Die Druckmittelwerte der verschiedenen Beutel und Bälle bewegen sich bei $n=15$ zwischen 14 und 20 cm Wassersäule.

Lediglich bei Gnom alt mißt man einen auffallend geringeren Mittelwert von 10,5 cm H_2O .

Bei $n=20$ weisen alle Druckmittelwerte einen um 2 bis 3 cm H_2O höheren Betrag auf und lassen sich zwischen 16 und 21 cm H_2O einordnen.

Den niedrigsten Wert erzielt Gnom alt mit 12,0 cm Wassersäule.

Die durchschnittlichen Beatmungsdrucke der drei Beatmer bei $n=15$ und $C=0,020$ l/cm H_2O sind in Tabelle 7 wiedergegeben. Die Werte für $n=20$ und $C=0,020$ l/cm H_2O werden in Tabelle 8 aufgeführt.

Bei der niedrigeren Compliance ($C=0,020 \text{ l/cm H}_2\text{O}$) liegen die Druckmittelwerte fast um die Hälfte höher als bei $C=0,050 \text{ l/cm H}_2\text{O}$.

Der Vergleich der Mittelwerte in bezug auf die Frequenzen macht deutlich, daß die Werte bei $n=20$ um 2 bis 3 $\text{cm H}_2\text{O}$ höher liegen als bei $n=15$. Dieser und der vorgenannte Effekt sind statistisch gesichert.

Bei beiden Frequenzen erzielt der Laerdal-Beatmungsball die höchsten Druckmittelwerte:

bei $n=15$ pro Minute 35,8 $\text{cm H}_2\text{O}$

bei $n=20$ pro Minute 38,9 $\text{cm H}_2\text{O}$.

Die übrigen Beatmungsgeräte unterscheiden sich bezüglich der Drucke nur kaum. Ambu, Dräger und Hope erzielen bei der Frequenz von 15 pro Minute 33 bis 34 $\text{cm H}_2\text{O}$. Dagegen werden für Aga, Gnom neu, Ox-Vital und Vitalograph 32 $\text{cm H}_2\text{O}$ gemessen.

Unter 30 cm Wassersäule bleiben Air Viva mit 28 und Gnom alt mit 21,5 $\text{cm H}_2\text{O}$.

Bei der Frequenz von 20 pro Minute zeigt sich hinter dem Laerdal eine Gruppe mit Ambu, Gnom neu, Hope und Vitalograph, für die 35 bis 37 $\text{cm H}_2\text{O}$ ermittelt werden.

Eine dritte Gruppe, bestehend aus Aga, Air Viva, Dräger und Ox-Vital, verzeichnet 31 bis 33 $\text{cm H}_2\text{O}$.

Einen deutlich geringeren Druckmittelwert erzielt Gnom alt mit 24,2 $\text{cm H}_2\text{O}$.

c. Flows

Die durchschnittlichen Flows der drei Beatmer bei der Frequenz von 15 pro Minute und der leicht erniedrigten Compliance $C=0,050$ l/cm H_2O sind in Tabelle 9 einzusehen. Die Werte für $n=20$ und $C=0,050$ l/cm H_2O werden in Tabelle 10 berücksichtigt.

Die Flowmittelwerte der verschiedenen Beatmungsbeutel/-bälle bei $n=15$ liegen zwischen 1.500 und 2.500 ml/sec.

Auffallend ist der Anstieg der Flowmittelwerte um das Doppelte bei der Frequenz von 20 pro Minute.

Die durchschnittlichen Flows für $n=15$ und $C=0,020$ l/cm H_2O der drei Beatmer werden in Tabelle 11 aufgezeichnet. Die Werte für $n=20$ und $C=0,020$ l/cm H_2O sind in Tabelle 12 nachzulesen.

Die Flowmittelwerte der Frequenzen von 15 und 20 pro Minute unterscheiden sich darin, daß sie bei $n=20$ einen geringen Anstieg verzeichnen. (s.Statistischer Teil).

Die Flowmittelwerte der Beatmungsgeräte lassen sich bei der Frequenz von 15 zwischen 2000 und 2700 ml/sec einordnen.

Nur Ox-Vital läßt sich in diese Gruppe nicht einbeziehen, da der Ball abweichend von den übrigen Beatmungsgeräten nur 1300 ml/sec erreicht.

Bei $n=20$ liegen die Flowmittelwerte der Beatmungsgeräte zwischen 2300 und 2700 ml/sec.

Für Ox-Vital werden lediglich 1700 ml/sec gemessen.

d. Maximales Atemminutenvolumen und maximale Frequenzen

Das maximale Atemminutenvolumen und die maximal erreichten Frequenzen der drei Beatmer werden in Tabelle 21 aufgeführt. Das durchschnittliche maximale Atemminutenvolumen und die durchschnittlichen maximalen Atemfrequenzen sind in den Abbildungen 22 und 23 graphisch dargestellt.

e. Maximale Beatmungsdrucke

Die maximalen Beatmungsdrucke der drei Beatmer sind in Tabelle 22 beschrieben. Abbildung 24 vermittelt die maximalen Druckmittelwerte der drei Beatmer.

Die niedrigsten Maximaldrucke werden mit den mit Sicherheitsventilen ausgerüsteten Beatmungsbällen erreicht. Dazu zählen:

Hope	119	mm Hg
Air Viva	122	mm Hg
Ox-Vital	124,7	mm Hg.

In der nächsten Gruppe folgen Laerdal mit 137,3 und Ambu mit 149 mm Hg.

Alle anderen Beatmungsbälle erzielen Maximaldrucke über 200 mm Hg. Die höchsten Messungen ergeben sich bei Gnom neu mit 271,1 und bei Dräger mit 272,4 mm Hg. Das Silikon-

Flapper-Ventil des Gnom-Balles hielt den Drucken nicht stand und ist bei den Druckmessungen mehrere Male durchgeschlagen.

f. Rückatmung

Die Messung der Rückatmung hinter den Ventilen ergibt folgende CO₂-Konzentrationen:

Air Viva	8,5 %
Ambu mit Ruben-Ventil	0,88 %
Ox-Vital	9,4 %
Vitalograph	0,64 %

Alle übrigen Ventile zeigen keine Undichtigkeiten (leakage).

In den Beuteln und Bällen gemessene CO₂-Konzentrationen erbringen nachstehende Meßwerte:

Air Viva	2,25 %
Ambu mit Ruben-Ventil	0
Ox-Vital	0,1 %
Vitalograph	0

Anhand des ermittelten Volumens und der ermittelten CO₂-Konzentrationen läßt sich eine quantitative Aussage über die Dichtigkeit der Ventile machen.

Bei einem gemessenen Beatmungsvolumen von 1300 ml fließen 300 ml des Expirationsvolumens durch das Air Viva-Ventil in den Beatmungsball zurück, was einem Rückatmungsvolumen von etwa 23 % entspricht.

Diese Berechnung kann für den Ox-Vital-Beatmungsball nicht durchgeführt werden, da die insuffizienten Ventile keine genaue Aussage zulassen.

g. Handlichkeit, Handhabung:

Als handliche und angenehme Beatmungshilfen empfehlen sich Ambu, Hope und Laerdal. Der Ambu-Beutel ist sehr leicht zu komprimieren, auf Dauer wenig ermüdend, und gibt ein sehr gutes Beatmungsgefühl. Der Hope-Ball ist aus einem hand-schonendem und recht nachgiebigen Material aufgebaut. Zum Laerdal-Ball muß einschränkend gesagt werden, daß er zwar von der Größe her am besten in der Hand liegt, aber die Beatmung wird für den Helfer über längere Zeit ermüdend.

Der Dräger-Ball erweist sich ebenfalls als handliches Beatmungsgerät. Er ist etwas starr und steif in seinem Material, so daß eine kräftige Hand zum Komprimieren nötig ist.

Beim Air Viva fällt das rauhe, schwer komprimierbare Material nachteilig auf.

Nur beschränkt einsatzbereit zeigt sich der Aga-Ball. Die Verbindungsschläuche zwischen Ball, Ventil und Maske lösen sich extrem leicht.

Gnom alt ist wegen seines starren Materials und der eingelassenen Handfläche ein sehr unhandliches und schwerfälliges Beatmungsgerät. Er ist von einem handlicherem

neuen Gerät abgelöst worden.

Das schwarze Gummimaterial des Ox-Vital-Balles ist glatt und nicht sehr griffig. Der Haltegriff am Ball ist nicht günstig angebracht, da er kein völliges Umfassen des Beatmungsgerätes zuläßt. Als störend werden die lauten Atemgeräusche empfunden.

Vitalograph ist von Größe und Material her ein handliches Gerät. Die Längsrippen beeinträchtigen das Komprimieren des Balles nicht.

V. Statistische Auswertung

Die statistischen Methoden sind den Lehrbüchern von SACHS (23) und WEBER (31) entnommen.

Die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse hat das Ziel, eine Aussage darüber zu machen, wie weit die Beutel und Bälle sich bei der Handhabung durch die drei verschiedenen Beatmer unterscheiden.

1. Entsprechend der Themenstellung werden die in den Versuchen gewonnenen Volumenmittelwerte der drei Beatmer miteinander verglichen.

Der "Typen-Mittelwert" ist das arithmetische Mittel aus den Mittelwerten der drei Beatmer:

$$\bar{X}_1 = \frac{\bar{X}_{11} + \bar{X}_{12} + \bar{X}_{13}}{3}$$

$\bar{X}_1$ = Volumen-Mittelwert des Beatmungsgerätes X_1

$\bar{X}_{11}$ = Volumen-Mittelwert des Beatmers A

$\bar{X}_{12}$ = Volumen-Mittelwert des Beatmers B

$\bar{X}_{13}$ = Volumen-Mittelwert des Beatmers C

Die Varianz S^2 ist definiert durch die Formel:

$$S^2 = \frac{(n - 1) (S_{11}^2 + S_{12}^2 + S_{13}^2 + \dots S_{10,3}^2)}{3 \cdot k (n - 1)}$$

n = Anzahl der Versuche pro Beatmer und Gerät

k = Anzahl der Beutel und Bälle

$S_{11}, S_{12} \dots S_{10,3}$ = Standardabweichung pro
Beatmer und Beatmungsgerät.

$3 \cdot k (n - 1)$ bedeutet den Freiheitsgrad, im folgenden auch mit ν bezeichnet.

Die Varianzanalyse erlaubt Aussagen darüber zu machen, ob Unterschiede zwischen den Mittelwerten als signifikant bezeichnet werden dürfen. Dabei muß man die "kritische Differenz" $\hat{D}$ bilden:

$$\hat{D} = \mathcal{L} \cdot s \cdot \frac{1}{\sqrt{3n}}$$

$\mathcal{L}$ ist ein Tabellenwert, der bei N_1 (Anzahl der Typen), ν (Freiheitsgrad) und α (Irrtumswahrscheinlichkeit) und bei verschiedenen Signifikanzniveaus (5 % und 1 %) bestimmte Größen annehmen kann. Wenn der Absolutbetrag der Differenz zwischen zwei "Typen-Mittelwerten" (z.B. $X_5 - X_1$) den kritischen Wert $\hat{D}$ überschreitet, so bezeichnet man den Unterschied als signifikant (s.Tabellen 13-16). Die Irrtumswahrscheinlichkeit gilt für alle möglichen Paarvergleiche.

Da die Streuung zwischen den "Atemstößen" für die einzelnen Beatmer recht gering ist, kann man fast alle Unterschiede zwischen den Atembeuteln/-bällen in diesem Sinn als signifikant nachweisen. Die Streuung zwischen den Beatmern ist dabei eliminiert.

Wenn man den Einfluß der Beatmer als zufällig betrachtet und als Streuung das mittlere Abweichungsquadrat der Wechselwirkung verwendet, so kommt man zu einer im wesentlichen gleichen Beurteilung.

2. Bei Druck und Flow wurde der Konfidenzbereich für die Differenzen der einzelnen Beatmer bestimmt. Es wurden für jeden Beatmer die Differenzen zwischen den Druck- bzw. Flowmittelwerten gebildet (Tabellen 17 - 20). Aus diesen Differenzen wurde der Mittelwert $\bar{X}$ und die Standardabweichung des Mittelwertes $S_{\bar{X}}$ errechnet.

Der Konfidenzbereich ergibt sich aus der Formel:

$$\bar{X} \pm S_{\bar{X}} \cdot t$$

t = Tabellenwert der Student-t-Tabelle

Anzahl der Freiheitsgrade = 29

Irrtumswahrscheinlichkeit 5 %

Der Konfidenzbereich ist der Bereich, in dem man die wahre Differenz vermutet.

Die Differenzen zwischen den Druckmittelwerten der Frequenzen 15 und 20 bei $C=0,050$ l/cm H_2O betragen im Mittel 3,25 mit einem Schwankungsbereich von $\pm 1,4$.

Die Differenzen der Druckmittelwerte bei $C=0,020$ l/cm H_2O liegen im Mittel bei 3,17 mit einem Schwankungsbereich von $\pm 0,96$.

Die Differenzen zwischen den Flowmittelwerten der Frequenzen 15 und 20 bei $C=0,050$ l/cm H_2O sind im Mittel 1759 mit einem Schwankungsbereich von $\pm 293,5$.

Die Differenzen zwischen den Flowmittelwerten bei $C=0,020$ l/cm H_2O belaufen sich im Mittel auf 436.

Der Schwankungsbereich liegt bei $\pm 123,5$.

In keinem der vier Fälle liegt der Nullwert im Konfidenzbereich (s.Tabellen 17-20). Das ist gleichbedeutend mit signifikanten Unterschieden für alle vier Modelle.

C. Diskussion

Bei Atemstillstand oder ungenügender Eigenatmung folgt als erste Maßnahme die Atemspende zur Normalisierung der Atemfunktion (2,26). Wenn ein Beatmungsbeutel/-ball zur Hand ist, soll die Beatmung mit einfachen Beatmungsgeräten fortgesetzt werden. Von einem Helfer wird verlangt, daß er mit dem Gerät, mit dem er beatmet, in ausreichender Weise vertraut und geübt ist (11). Nur geschulte Helfer, Ärzte und Laien dürfen einfache Beatmungsgeräte bedienen, da ohne gründliche Ausbildung eine Anwendung zu gefährlich ist.

Volumen, Druck, Flow:

Bei korrekter Atemtechnik und Dichthalten der Maske sollte von einem Beatmungsbeutel/-ball ein Atemvolumen von 800 ml auch bei einer erniedrigten Compliance nicht unterschritten werden. Ein "minimales" Atemvolumen von 400 bis 500 ml, wie es gefordert worden ist (28), ist nach unseren Untersuchungen mit Sicherheit zur Gewährleistung der benötigten alveolären Atmung nicht ausreichend.

Hohe Atemvolumina bei $C=0,050 \text{ l/cm H}_2\text{O}$ erzielen bei beiden Frequenzen Ambu, Hope und Laerdal mit Werten von 1000 ml und darüber. Das als unterste Grenze gesetzte Atemvolumen von 800 ml erreichen die übrigen Beatmungsgeräte mit Ausnahme des Gnom alt, der auf 500 ml Atemvolumen beschränkt ist. Der Hersteller spricht dagegen in seinem Firmenprospekt

von einer "zuverlässigen Beatmung".

Bei der niedrigeren Compliance von $0,020 \text{ l/cm H}_2\text{O}$ wurde die erwartete Abnahme der Volumina verzeichnet. Das geforderte Atemvolumen von 800 ml konnte lediglich ein einziger Beatmer mit dem Ambu-Beutel bei der Frequenz von 20 und mit dem Dräger-Ball bei der Frequenz von 15 erreichen. Dieses Ergebnis darf darüber nicht hinwegtäuschen, daß die gemittelten Atemvolumina der drei Beatmer erheblich unter der 800 ml-Grenze liegen. Ambu zeichnet sich als einziges Beatmungsgerät mit 700 ml Atemvolumen aus. Das bedeutet eine Leistungsminderung von mehr als 250 ml (ca. 30 %) gegenüber dem Atemvolumen bei $C=0,050 \text{ l/cm H}_2\text{O}$.

Besonders auffällig ist die Abnahme der Atemvolumina bei den Beatmungsbällen Hope und Laerdal. Während sie bei einer Compliance von $0,050 \text{ l/cm H}_2\text{O}$ ein Atemvolumen über 1000 ml erreichen, liefern sie bei $C=0,020 \text{ l/cm H}_2\text{O}$ mit 650 ml ein deutlich geringeres Ergebnis. Das entspricht einer Abnahme von etwa 40 Vol %.

Alle anderen Beatmungsgeräte weisen niedrigere Beatmungsvolumina auf. Die Leistungsgrenze der Ballbeatmungsgeräte Gnom neu und Dräger liegt bei 600 ml, die von Air Viva, Aga, Vitalograph und Ox-Vital noch unterschritten werden.

Gnom alt liefert mit 300 ml ein zu geringes Atemvolumen, so daß bei längerer Beatmung leicht eine Hypoventilation ent-

stehen kann. Dies gilt besonders für Patienten mit großer Totraumventilation.

Eine erfolgsversprechende Wiederbelebung ist mit diesen Geräten nicht mehr gewährleistet, und eine Anwendung erscheint bedenklich und ist abzulehnen.

Die von anderen Autoren (2,4,9) ermittelten ausreichend hohen Atemvolumina der Beatmungsgeräte Hope, Laerdal, Gnom, Air Viva, Aga und Dräger dürften auf die verschiedenen empfindlichen Versuchs- und Meßbedingungen zurückzuführen sein.

In unseren Versuchen sind bei beiden Compliance-Werten keine für die Lunge gefährlichen Drucke gemessen worden. Nach MUSHIN (17) liegt der "sichere" intrapulmonale und zu keiner Verletzung der Lunge führende Druck bei 70 cm H₂O.

Die Drucke steigen bei C=0,020 l/cm H₂O gegenüber C=0,050 l/cm H₂O um das Doppelte an. Diese Tatsache fällt dem Beatmer sofort auf, da er mehr Kraft aufwenden muß, um die Beutel und Bälle zu komprimieren. Trotz dieser Drucksteigerung können die geforderten Beatmungsvolumina von 800 ml nicht erzielt werden. Das bedeutet, daß ein hoher Beatmungsdruck bei erhöhtem Lungenwiderstand allein keine ausreichende Atemvolumina garantiert.

Es kommt zudem der Atemtechnik des einzelnen Beatmers eine besondere Bedeutung zu. Er darf den Beatmungsbeutel/-ball nicht ruckartig und hastig komprimieren, sondern muß

darauf achten, daß der Druckanstieg im Ball oder Beutel durch relativ langsames Komprimieren erreicht wird. Das führt dazu, daß in der Inspirationsphase das Ventil länger geöffnet ist und ein größeres Atemvolumen ausströmen kann.

Der Aufbau der Drucke wird mitbeeinflusst von der Geschwindigkeit der bewegten Luftteilchen. Die Zeitdauer der Inspirationsphase bei der Frequenz von 20 ist kürzer als bei einer Frequenz von 15 pro Minute. Die Folge ist, daß bei einer größeren Lungendehnbarkeit von $C=0,050 \text{ l/cm H}_2\text{O}$ der Flow bei der Frequenz von 20 um fast das Doppelte steigt. Bei verminderter Lungendehnbarkeit ($C=0,020 \text{ l/cm H}_2\text{O}$) erhöht sich der Flow bei der höheren Frequenz nur noch geringfügig.

Maximale Atemminutenvolumina und maximale Frequenzen:

Das maximale Atemminutenvolumen in Abhängigkeit von der maximalen Frequenz ist nur von theoretischem Interesse und ohne direkten Einfluß für die Patienten. Diese Dauerbeanspruchung gibt aber Aufschluß über die Beschaffenheit der einzelnen Materialien. Bei diesem Versuch wird deutlich, welche Beatmungsgeräte elastisch und handschonend zu komprimieren sind, und welche den Beatmer schnell ermüden lassen.

Das von der Schweizerischen Ärztekommision (26) geforderte maximale Atemminutenvolumen von 35 - 45 l pro Minute konnte bei diesen Versuchen von 6 Beuteln und Bällen erreicht werden: Aga, Air Viva, Ambu, Dräger, Hope, Laerdal und Vitalograph.

Es darf nicht unwidersprochen bleiben, daß mit einer maximalen Beatmungsfrequenz und dem resultierenden Atemvolumen ein ausreichender Ventilationseffekt gewährleistet sein soll. Der venöse Rückstrom am Herzen wird bei frequenter Beatmung mit einem größeren Volumen stark beeinträchtigt und es kommt zur Reduzierung des Herzzeitvolumens (12,25). Im Rahmen der kardiopulmonalen Wiederbelebung werden je nach Anzahl der Helfer 8 bis 12 Atemstöße empfohlen und, erzielen eine ausreichende alveoläre Ventilation (24).

Maximale Drucke:

Bei den Beatmungsgeräten mit Sicherheitsventilen ist der maximale Druck gekennzeichnet durch das Öffnen der Ventile. Bei Beuteln und Bällen ohne Sicherheitsventil ist der maximale Druck eine Funktion der Greifkraft des Beatmers und der Wandlichkeit des Beatmungsgerätes. Daher erscheint es nicht sinnvoll, bei Beuteln/Bällen ohne Sicherheitsventile Druckvergleiche anzustellen. Die aus der Literatur (2,7,14) bekannten unterschiedlichen Werte beweisen das.

Die von AHNEFELD (2) angegebenen Maximaldrucke, die sich z.T. erheblich von unseren Werten unterscheiden, dürften auf die verschiedenartigen Meßbedingungen zurückzuführen sein. HÜGIN (14) ermittelt für Laerdal und Ambu "gegen ein unnachgiebiges Meßsystem" Maximaldrucke von 75 - 80 cm H₂O. DUDZIAK (7) gibt für den Ox-Vital-Beatmungsball einen Beatmungsdruck von 78 mm Hg an.

Mit Sicherheitsventilen sind ausgerüstet Air Viva, Hope und Ox-Vital. Die maximalen Drucke liegen zwischen 119 und 125 mm Hg. Die von den Herstellern (1,13,20) angegebenen Druckbegrenzungen durch das Sicherheitsventil, bei Air Viva 50 cm H₂O, Hope 40 cm H₂O und Ox-Vital 70 mm Hg sind bei unseren Versuchen stets übertroffen worden.

Bei den Messungen der Maximaldrucke sollte auch festgestellt werden, ob die Ventile den Druckbelastungen standhalten können. Das Gnom-Ventil, das für beide Gnom-Beatmungsbälle gleich ist, kann den hohen Drucken nicht standhalten. Die Membran des Flapperventiles wird durchschlagen. Ein solch unsicheres Ventil könnte für Patienten mit obstruktiven Ventilationsstörungen lebensbedrohend sein. Bei den Ox-Vital-Beatmungsball verhakt sich bei hohen Drucken eine Membran des Flapperventiles. Das Ventil verharrt in Insufflationsstellung, was bei der Rückatmung eine wichtige Rolle spielt.

Bei der Konstruktion der Sicherheitsventile kann man unterscheiden zwischen Federventil (Air Viva), Magnetventil (Hope) und Flapper-Membranventil (Ox-Vital). Das Flapper-Membranventil des Ox-Vital zeigt sich in der jetzigen Konzeption nicht ausgereift. Vom Hope-Ball ist bekannt (3), daß verschiedene Beatmer das Sicherheitsventil mit dem Finger verschlossen haben, um eine obstruktive Ventilationsstörung zu beherrschen, da sonst zu viel Atemvolumen ins Freie verpufft. Hier wird deutlich, daß dem geübten und ausgebildeten Helfer eine wichtige Aufgabe zuedacht ist.

Er soll das Beatmungsgerät mit Gefühl betätigen und den Patienten genau beobachten. Dabei muß die Ursache für eine ungenügende oder erfolglose Ventilation gefunden werden.

Die Schweizerische Ärztekommision (26) lehnt generell die Verwendung von Ballbeatmungsgeräten ab wegen der möglichen hohen Drucke. Darauf wird noch einmal nachhaltig in der Stellungnahme (27) zum Gutachten des Laerdal-Balles von HÜGIN verwiesen, obwohl HÜGIN (14) die gleichen maximalen Drucke erzielt wie mit dem Ambu-Beutel.

Rückatmung

Mehrfach schon ist das Ruben-Ventil wegen der Rückatmung kritisiert worden (5,16,21,22). Bei unseren Versuchen konnte direkt hinter dem Ruben-Ventil eine minimale CO_2 -Konzentration gemessen werden. Das Ruben-Ventil ist in der Zwischenzeit von dem neuen E-Ventil abgelöst worden, das sich bei unseren Untersuchungen als rückatmungsfrei erwies.

Bei dem Air Viva ist die Rückatmung in den Ball während der Expirationsphase dadurch bedingt, daß das Ansaug- und Beatmungsventil sich an der gleichen Stelle des Beatmungsballes befinden. THE EMERGENCY CARE RESEARCH INSTITUTE (9) stellt fest, daß etwa 10 % - 20 % des Expirationsvolumens in den Ball einströmt, und dadurch der CO_2 -Gehalt im Ball erhöht wird. CARDEN und BERNSTEIN (3) halten die Rückatmung bei O_2 -Flow in den Ball für nicht schädlich. Bei unseren Versuchen sind im Beatmungsvolumen etwa 23 %

Expirationsvolumen enthalten.

Ursache der hohen Rückatmung in den Ox-Vital-Ball ist eine Membran des Flapper-Ventiles, wie es an anderer Stelle schon beschrieben worden ist.

Der Grund für den hinter dem Ventil gemessenen CO_2 -Ausschlag beim Vitalograph konnte nicht gefunden werden, da das Ventil sich nicht auseinanderbauen läßt. Für eine CO_2 -Anreicherung des Inspirationsvolumens im Beatmungsball ergaben die Messungen keinen Anhalt, so daß ein rückgeatmetes Volumen äußerst gering sein muß.

Nach AHNEFELD (2) ist eine CO_2 -Akkumulation erst dann gegeben, wenn das Rückatmungsvolumen das Totraumvolumen wesentlich übersteigt. Eine CO_2 -Akkumulation scheint nur bei Air Viva und dem insuffizienten Flapperventil des Ox-Vital gegeben. Gelegentlich kann bei einigen klinischen Bedingungen eine CO_2 -Akkumulation erwünscht sein (16).

Bei Aga, Air Viva, Ambu, Dräger, Hope und Laerdal ist es möglich, das einwandfreie Arbeiten der Ventile während ihres Einsatzes zu beobachten. Die Ventile des Gnom, des Ox-Vital und des Vitalograph erlauben keine Beobachtung wegen der Konstruktionsart und des undurchsichtigen Materials. Das ist von Nachteil, wenn z.B. durch Erbrochenes oder Blut das Ventil verstopft ist, und schnellstens gesäubert werden muß. Durchsichtige Masken sind zusätzliche Hilfen.

Daß durchsichtige Ventile sich bewährt haben, um die

Funktionstüchtigkeit zu prüfen, konnte beim Membranventil des Laerdal beobachtet werden. Es zeigte sich durch die Beanspruchung während der Versuche, daß die Zungen des Membranventiles in Ruhestellung nicht mehr dicht abschlossen. Aufgrund von Materialermüdung blieb das Ventil auch während der Ruhephase in geöffneter Position. Das Ventil wurde deshalb einmal ausgewechselt, aber am Ende der Versuche stellte sich derselbe Defekt wieder ein. Dieser Mangel dürfte eine Rückatmung zulassen.

Handlichkeit, Handhabung:

Bei der Beurteilung über die Handhabung und Handlichkeit der Beatmungsgeräte spielen in der Regel subjektive Eindrücke eine Rolle. Die Stellungnahme dazu in den Einzelgutachten (7,14) der Beatmungsgeräte widersprechen anderen Bewertungen (26,27).

Ambu, Hope und Vitalograph lassen sich leicht und auf Dauer ermüdungsarm bedienen. Der Laerdal-Ball liegt gut in der Hand, was auch AHNEFELD (2) und HÜGIN (14) bestätigt haben. Eine langdauernde Beatmung dürfte aber mit dem Laerdal-Ball keinesfalls angenehm sein, da die Fingerkuppen nach kurzer Beatmungszeit druckempfindlich werden und zu schmerzen beginnen.

Die beim Beatmen als schmerzhaft empfundenen Längsrippen des Dräger-Balles (2) sind bei den heute vertriebenen Dräger-Bällen nicht mehr vorhanden. Er läßt sich jetzt trotz des steifen und starren Materials gut komprimieren.

Als vollkommen unhandliche und unangenehme Beatmungsgeräte fallen der Gnom alt und der Air Viva auf. Für die Beatmung mit dem Air Viva ist unbedingt eine große Hand erforderlich, um mit dem unförmigen, zu groß dimensionierten Ball beatmen zu können.

Der neue Gnom-Beatmungsball besitzt ein größeres Volumen und ist nicht mehr mit der eingelassenen Handfläche versehen. Gnom neu wie auch Ox-Vital haben eine glatte Oberfläche, die die Hand des Beatmers aber schnell ermüden läßt.

Demgegenüber stellt DUDZIAK (7) fest, daß der Ox-Vital-Ball elastisch und gut komprimierbar sei. Zu kritisieren ist die kurze Faltenschlauchverbindung zwischen Ball und Maske. Der Schlauch knickt leicht ab, so daß ein Widerstand entsteht. Hierdurch kann nur ein Teil des Inspirationsvolumens die Lungen des Patienten erreichen, da der andere Teil das Sicherheitsventil passiert.

Am Aga-Beatmungsgerät ist von Vorteil, daß aufgrund der Schlauchverbindung zwischen Ball und Maske auch ein eingeklemmter und teilweise verschütteter Patient beatmet werden kann. Durch die Faltenschlauchverbindung ist der Beatmer ständig geneigt, den Ball gegen seinen Körper zu komprimieren.

Kritik der Methodik:

Im Gegensatz zu den besprochenen Versuchsbedingungen besteht die Auffassung, Beatmungsgeräte unter standardisierten Bedingungen zu prüfen (6).

Mit Hilfe einer Kompressionsvorrichtung, die variabel einstellbar ist, sollen die maximalen Atemvolumina der Beatmungsbeutel/-bälle gemessen werden (6). Dieselbe Vorrichtung wird verwendet, um die Beatmungsdrucke bei bestimmten vorgegebenen Volumina zu ermitteln. Dies setzt aber voraus, daß aufgrund der verschiedenartig beschaffenen Beutel und Bälle die Kompressionsvorrichtung für jedes Beatmungsgerät auf eine andere Größe einzustellen ist, um die vorgegebenen Volumina zu erreichen. Diese Änderung der Kompressionsgröße widerspricht jedoch den standardisierten Versuchsbedingungen.

Wenn die individuelle menschliche Schwankungsbreite berücksichtigt werden soll, wie es in den vorliegenden Versuchsbedingungen geschehen ist, dann dürften die Beatmungsbeutel/-bälle nicht rein mechanisch untersucht werden.

Idealerweise sollten neue Beatmungsgeräte jeweils von 10 Beatmern untersucht werden; dies war in der vorliegenden Arbeit aus räumlichen und zeitlichen Gründen nicht möglich.

D. Schlußfolgerungen

=====

Aufgrund unserer Untersuchungen und unserer Anforderungen an einfache Beatmungsgeräte sind folgende Beatmungsbeutel/-bälle für die Beatmung in Notfallsituationen nicht ausreichend geeignet:

Aga, Air Viva, Dräger, Gnom alt, Gnom neu, Laerdal, Ox-Vital und Vitalograph.

Nur der Ambu-Beatmungsbeutel und der Hope-Beatmungsball erfüllen unsere Vorstellungen von Beatmungsvolumina, -drucke, -flows und Freiheit von Rückatmung.

Die erzielbaren Maximaldrucke liegen aus klinischer Sicht zu hoch und könnten gelegentlich zu bronchopulmonalen Schädigungen führen, wenn wenig geübte Laien diese Beatmungsgeräte benutzen.

E. Zusammenfassung

=====

Im Hinblick auf Wirksamkeit, Unschädlichkeit und Handlichkeit wurden die einfachen Beatmungsgeräte Aga, Air Viva, Ambu, Dräger, Gnom alt, Gnom neu, Hope, Laerdal, Ox-Vital und Vitalograph untersucht.

Die Untersuchungen wurden von drei Beatmern durchgeführt, die sich durch unterschiedliche Erfahrung in der Notfallhilfe, Handgröße und Greifkraft auszeichnen.

Bei zwei Compliance-Werten eines Lungenmodells ($C=0,050$ l/cm H_2O und $C=0,020$ l/cm H_2O), zwei Frequenzen (15 und 20 pro Minute) und bei konstant eingehaltenem Atemrhythmus interessierten in dieser Arbeit die Beatmungsvolumina, die dabei entstehenden Drucke und die Flows. Zu den weiteren Untersuchungen gehörten die maximalen Atemminutenvolumina, die maximalen Beatmungsfrequenzen und die maximalen Drucke. Die Ventile der Beatmungsgeräte wurden geprüft, ob sie rückatemungsfrei sind. Die Handlichkeit der Beatmungsbeutel/-bälle konnte beim Betätigen während der Versuche eingehend betrachtet werden.

Die Versuchsergebnisse sind in einer solchen Tabellenform dargestellt worden, daß die Einzelwerte der Beatmer und die daraus resultierenden Mittelwerte unmittelbar abgelesen und miteinander verglichen werden können. Bewußt wurde darauf verzichtet, Einzelwerte hervorzuheben. Uns lag vielmehr daran, die menschliche individuelle Schwankungsbreite gegeneinander aufzuzeigen.

In dieser Arbeit wird dargelegt, daß für eine suffiziente Beatmung unter Notfallbedingungen wahrscheinlich nur die Beatmungsgeräte Ambu und Hope in Frage kommen. Ambu und Hope lassen sich auf Dauer mühelos komprimieren und liefern ausreichend hohe Beatmungsvolumina.

Die Beatmungsvolumina der Beatmungsbeutel Aga, Air Viva, Dräger, Gnom alt, Gnom neu, Laerdal, Ox-Vital und Vitalograph genügen bei verminderter Lungendehnbarkeit nicht den Anforderungen.

Gnom alt erzielt sogar bei erniedrigtem Lungenwiderstand ein zu geringes Atemvolumen.

Als nichtrückatmungsfrei zeigen sich das alte Ruben-Ventil, die Ventile des Air Viva, des Ox-Vital und des Vitalograph. Eine CO₂-Akkumulation dürfte nur bei dem Air Viva- und dem Ox-Vital-Beatmungsball möglich sein.

Infolge von Materialermüdung erweist sich das Ventil des Laerdal-Beatmungsballes als unzulänglich. Durch die dauernde Belastung schließt das Membran-Ventil in Ruhestellung nicht mehr dicht ab.

Die Beatmungsdrucke unter notfallsimulierenden Bedingungen geraten in keine gefährlich hohen Bereiche. Dagegen liegen die maximalen Beatmungsdrucke aller Beatmungsgeräte über der für die Lunge belastbaren Grenze von 70 cm H₂O.

Das Ventil der Gnom-Beatmungsbälle kann den erzielten

Maximaldrucken nicht standhalten. Eine Membran des Flapper-Ventiles des Ox-Vital-Ballbeatmungsgerätes verhakt sich von einem Druck von 36 cm H₂O an.

Es kann kein verallgemeinerungsfähiger Schluß gezogen werden, da nur jeweils ein Gerät eines jeden Fabrikates getestet wurde.

F. Literaturübersicht

=====

1. AIR VIVA Operating Instructions, The Commonwealth Industrial Gases Limited, 138, Bourke Road, Alexandria, Australia Nr. KY 43 10/69
2. AHNEFELD, F.W. et al. Charakteristik verschiedener Beatmungsbeutel und -bälle. Anaesthesist 17, 191-196 (1968)
3. CARDEN, E., Investigation of the nine most commonly used resuscitator bags. JAMA 212, 589-592 (1970)
M. BERNSTEIN
4. CARDEN, E., An evaluation of manually operated self-inflating resuscitation bags Anesth. Analg. Curr. Res. 54, 133-138 (1975)
T. HUGHES
5. CLEMENTSEN, H.J., Die Funktionsveränderungen des E. M. O. Inhalers durch Kombination mit dem Ambu-Beatmungsbeutel und Ruben-Ventil Anaesthesist 13, 15-21 (1964)
G. WOLFF,
W. HÜGIN
6. DICK, W. Vorschläge für die Standardisierung von Handbeatmungsgeräten zur respiratorischen Reanimation Pers. Mitt. an Gerbershagen
7. DUDZIAK, R. Fachärztliches Gutachten über das Ox-Vital-Ballbeatmungsgerät im Auftrag der Firma Lothar Miczka KG, Marl, W. 1968
8. EICHLER, J. Manuelle Wiederbelebung oder Atemspende bei Ertrunkenen Vortrag auf der Tagung der Bezirksärzte Schleswig-Holsteins der DLRG in Lübeck Sonderdruck Drägerwerk Lübeck 1966
9. EMERGENCY CARE RESEARCH INSTITUTE, THE Manually operated resuscitators Vol. 1 No. 1, 13-18 (1971)

10. WLOTH, M. Kritische Betrachtung der Beatmungsmethoden ohne Geräte in der Wiederbelebung und Ersten Hilfe unter besonderer Berücksichtigung ihrer Laientauglichkeit
Med.Diss. Mainz 1967

11. FREY, R.,
W. HÜGIN,
O. MAYRHOFER Anaesthesiologie, Reanimation und Intensivtherapie
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1972

12. FRISIUS, H.,
D. BARCKOW,
H. WEIDRICH Kreislaufveränderung bei Intensivpflegepatienten unter dem Einfluß einer assistierten Beatmung
Dtsch. Med. Wschr. 97, 1059 - 1063 (1972)

13. HOPE Operating und Maintenance Manual, Ohio Medical Products, 3030 Airco Drive, Madison, Wisconsin

14. HÜGIN, W. Gutachten über das Beatmungsgerät RESUSCI-FOLDING-BAG "LAERDAL"
Basel 1968

15. INTERVERBAND FÜR RETTUNGSWESEN UND SCHWEIZ.ÄRZTEKOMMISSION FÜR NOTFALLHILFE UND RETTUNGSWESEN Beatmungsmethoden und -geräte in der Notfallhilfe
Lebensrettung 1 (1964)

16. MEYER, M. Über die Effektivität des Ruben-Ventils bei Spontanatmung und druckpositiver Inspiration
Anaesthesist 15, 189-193 (1966)

17. MUSHIN, W.W.,
L. RENDELL-BAKER,
P.W. THOMPSON Automatic ventilation of the lungs
Oxford: Blackwell 1959

18. NOLTE, H. Welche Wiederbelebensmaßnahmen sind für die zahnärztliche Praxis empfehlenswert ?
Zahnärztl. Mitt. 5, 229-233 (1967)

19. OTTERBACH, E.J. Das Verhalten der inspiratorischen Sauerstoffkonzentration bei einfachen Beatmungsbeutel und -bällen
Med. Diss. (in Vorbereitung) Mainz 1975

20. OX-VITAL Ox-Vital-Ballbeatmer Ventilex, Betriebsanleitung der Firma
Lothar Miczka, Marl / W.

21. RUBEN, H. Erwidernng zur Arbeit von R.J. Clementsen, G. Wolff und W. Hügin Anaesthesist 13, 56 (1964)
22. RUBEN, H. Erwidernng zum Beitrag von M. Meyer Anaesthesist 15, 270-271 (1966)
23. SACHS, L. Angewandte Statistik
Planung und Auswertung, Methoden und Modelle
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1974
24. SAFAR, P. Kardiopulmonale Wiederbelebung
Richtlinien für Ärzte und Laieninstruktoren
World Federation of Societies of Anaesthesiologists (o.O.) 1968
25. SCHORER, R. Auswirkungen der Atemmechanik auf den Kreislauf
Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1965
26. SCHWEIZ. ÄRZTEKOMMISSION FÜR NOTFALLHILFE
UND RETTUNGSWESEN Beurteilung von Beatmungsbeihilfen und Beatmungsgeräten für die Notfallhilfe, Wabern 1968
27. SCHWEIZ. ÄRZTEKOMMISSION FÜR NOTFALLHILFE
UND RETTUNGSWESEN Stellungnahme zum RFB-Laerdal-Beatmungsball, Wabern 1969
28. SCHWEIZ. LEBENSRETTUNGSGESELLSCHAFT UND
SCHWEIZ. RETTUNGSFLUGWACHT Der Lebensretter 3,4, 24-32 (1959)
29. SEHNATI, Gh.,
R.FREY,
G.SCHILLA Die Lokalanaesthesie, ihre Komplikationen und Behandlung in der zahnärztlichen Praxis
Zahnärztl. Welt 18, 886-901 (1973)
30. SEILER, H. Praktische Erfahrungen mit der künstlichen Beatmung in der Ersten Hilfe in der Schweiz unter besonderer Berücksichtigung der Beatmung mit dem Mund
Schweiz. Rdsch. für Med. 16, 464-481 (1963)
31. WEBER, E. Grundriß der biol. Statistik
Fischer: Stuttgart 1967

G. A n h a n g
=====

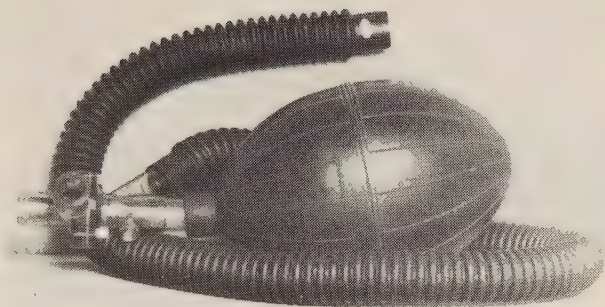


Abb. 1 A G A - Revivator



Abb. 2 AIR VIVA - Resuscitator

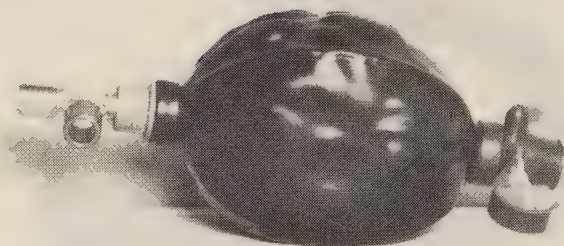


Abb. 3 AMBU - Beutel



Abb. 4 DRÄGER



Abb. 5 GNOM ALI

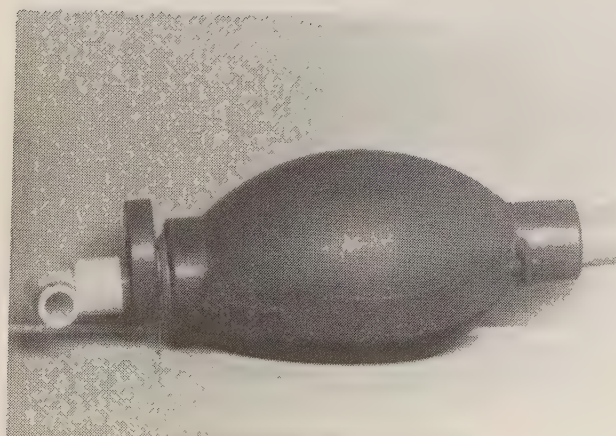


Abb. 6 GNOM NEU

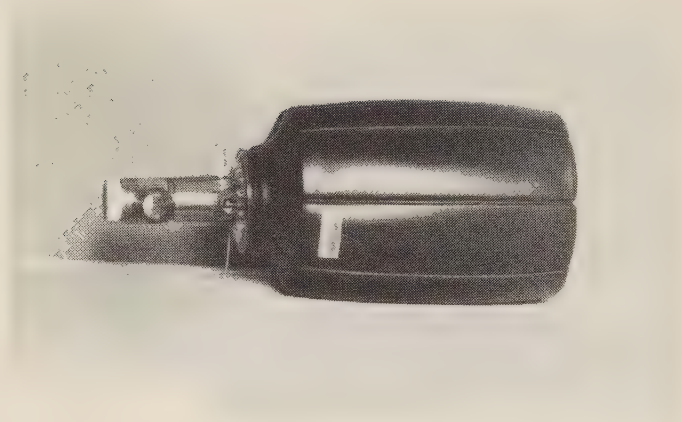


Abb. 7 HOPE - Resuscitator

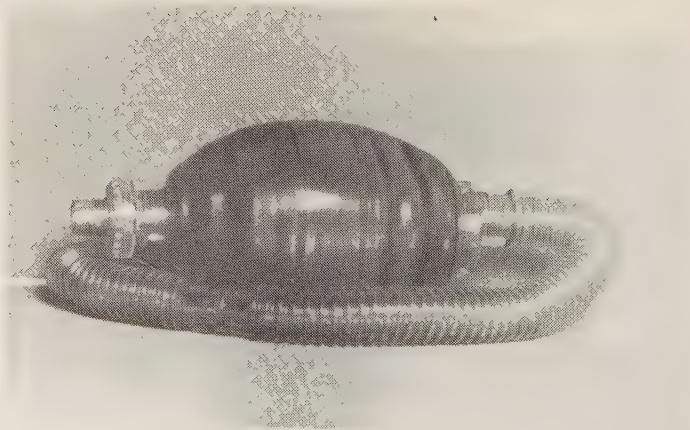


Abb. 8 LAERDAL - Faltball



Abb. 9 OX - VITAL - Ballbeatmer

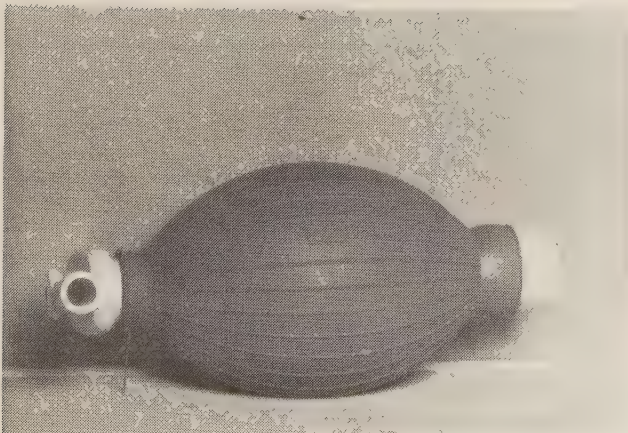
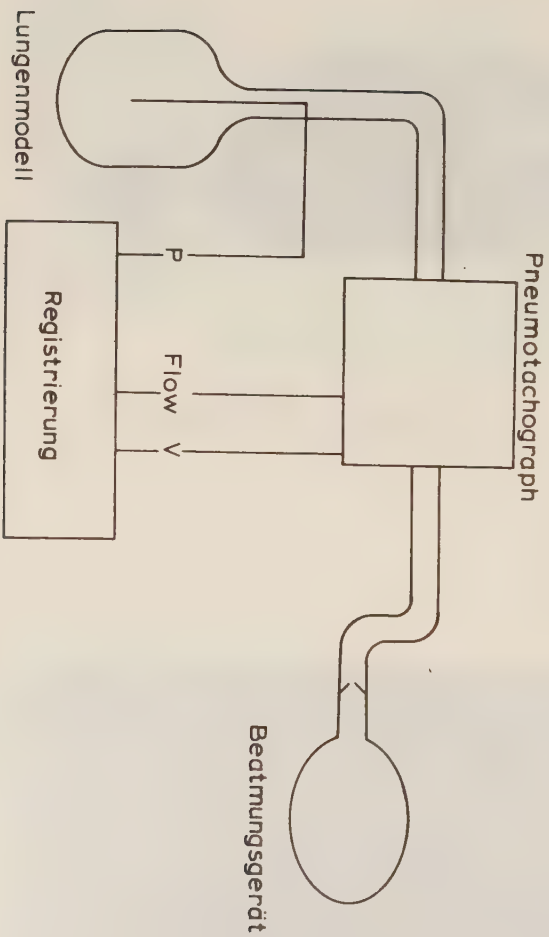
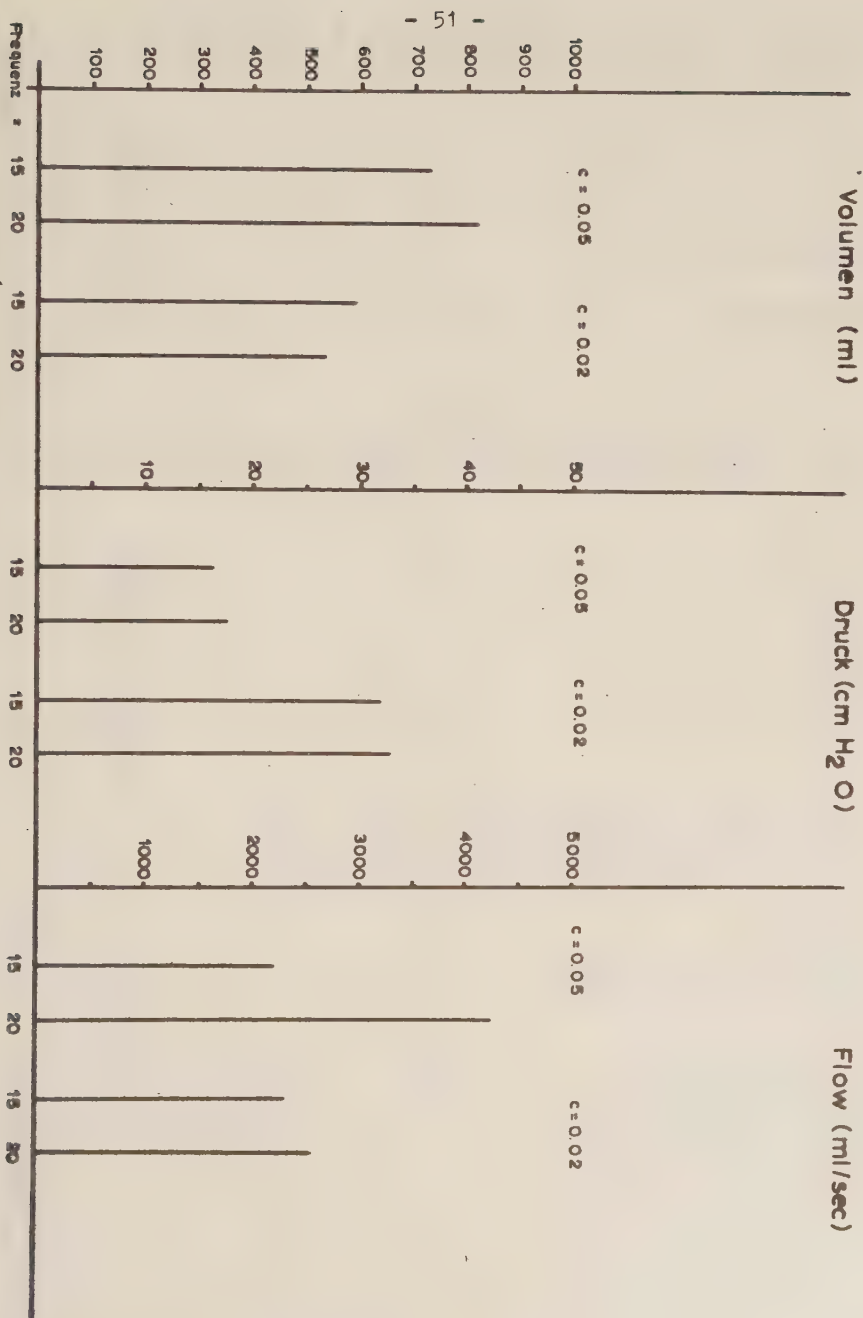
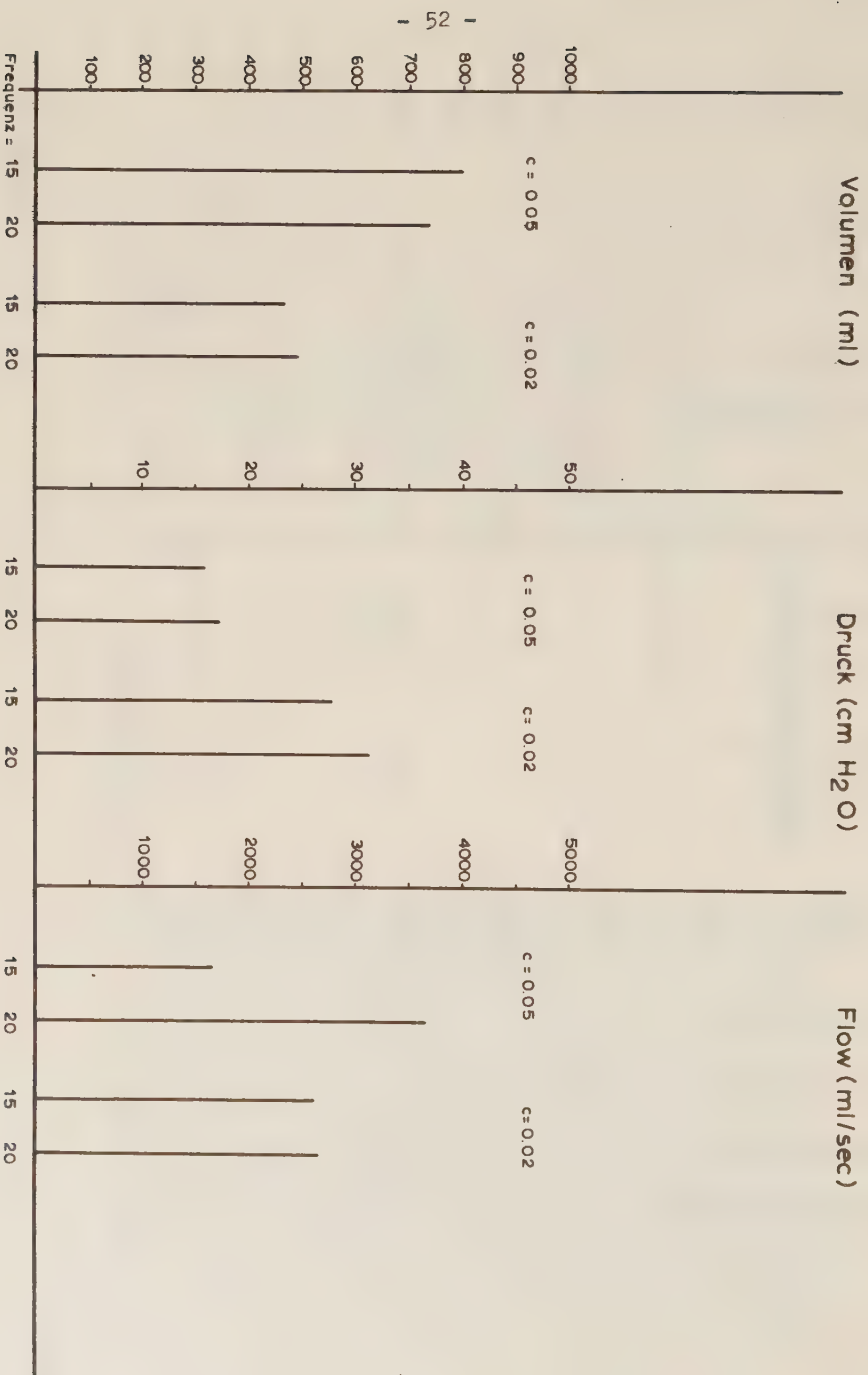


Abb.10 VITALOGRAPH - Resuscitator

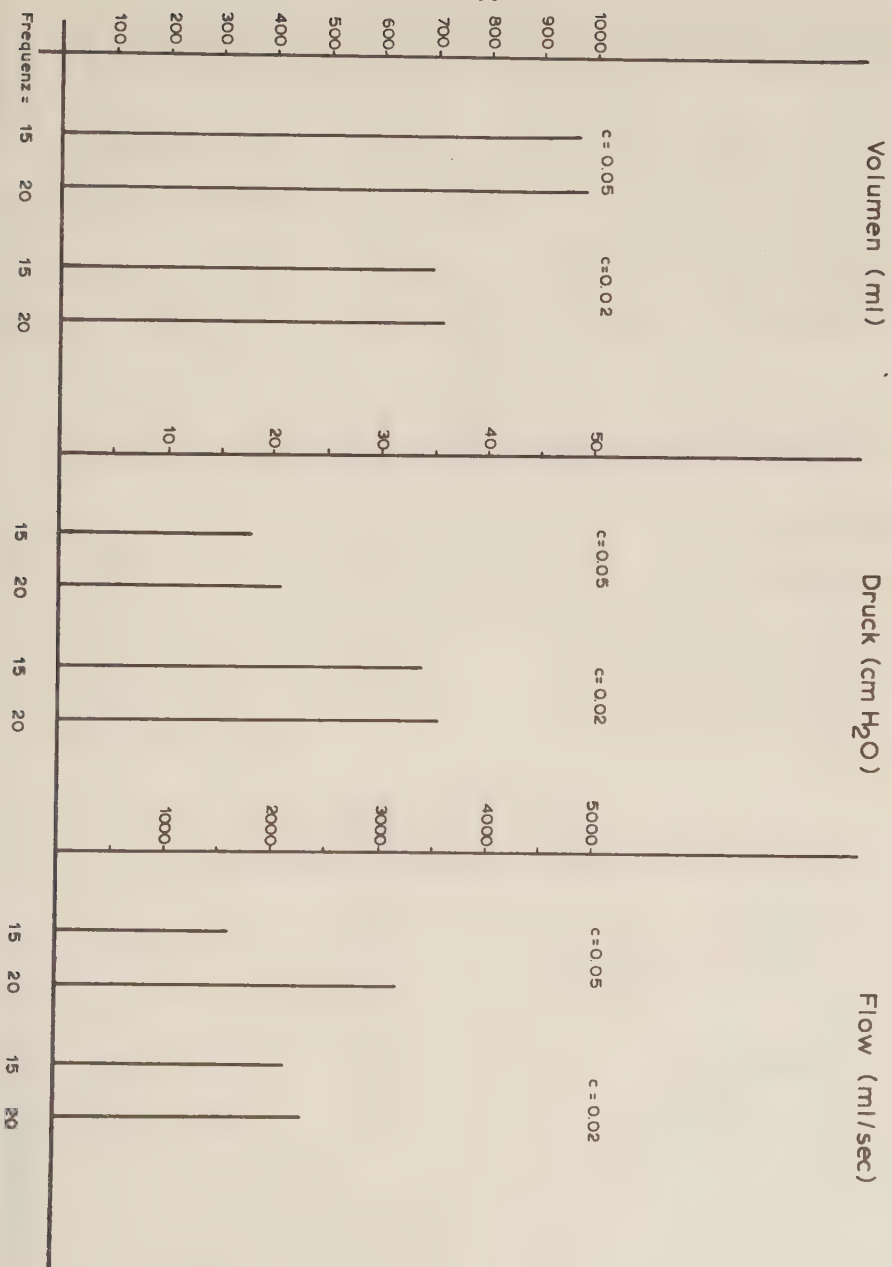
Versuchsaufbau

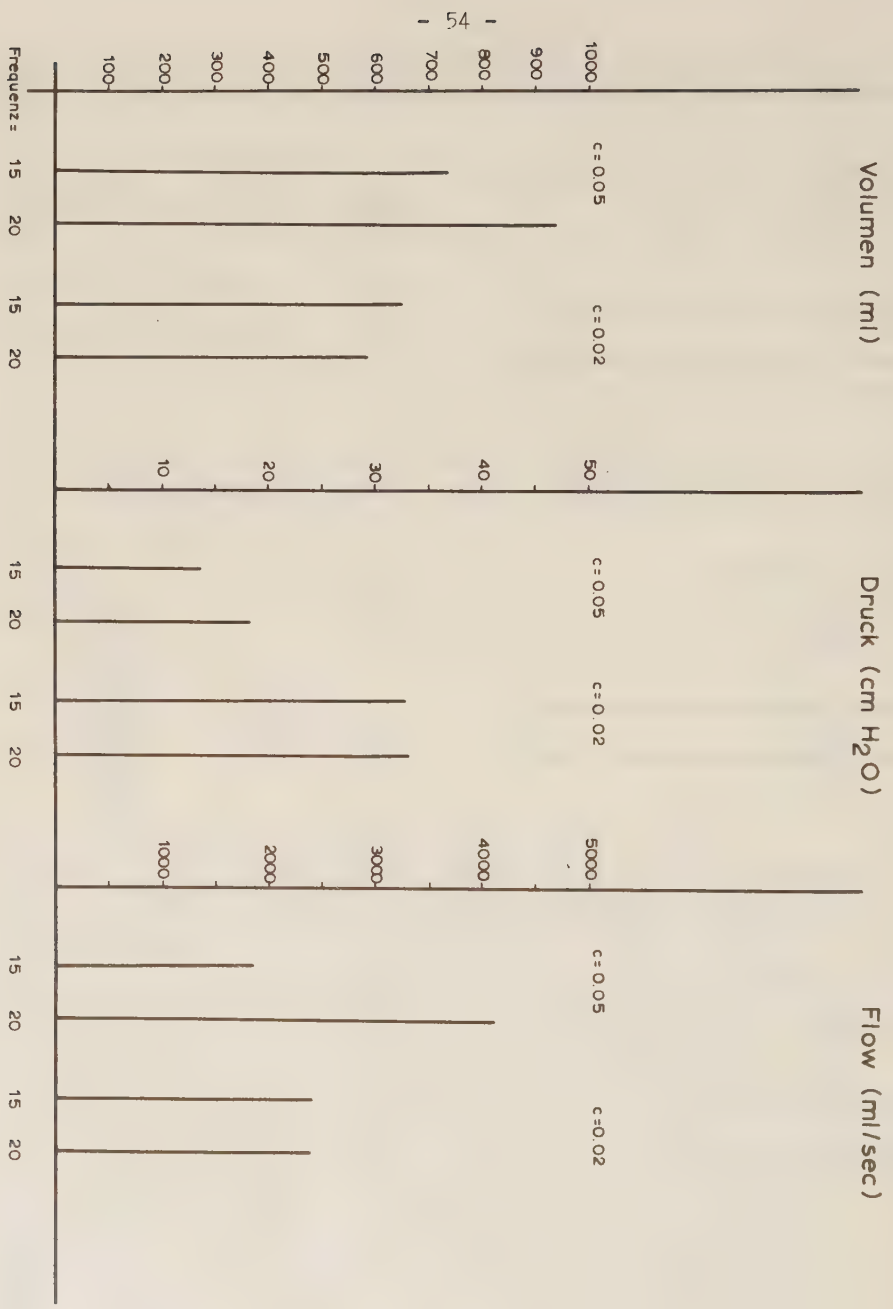






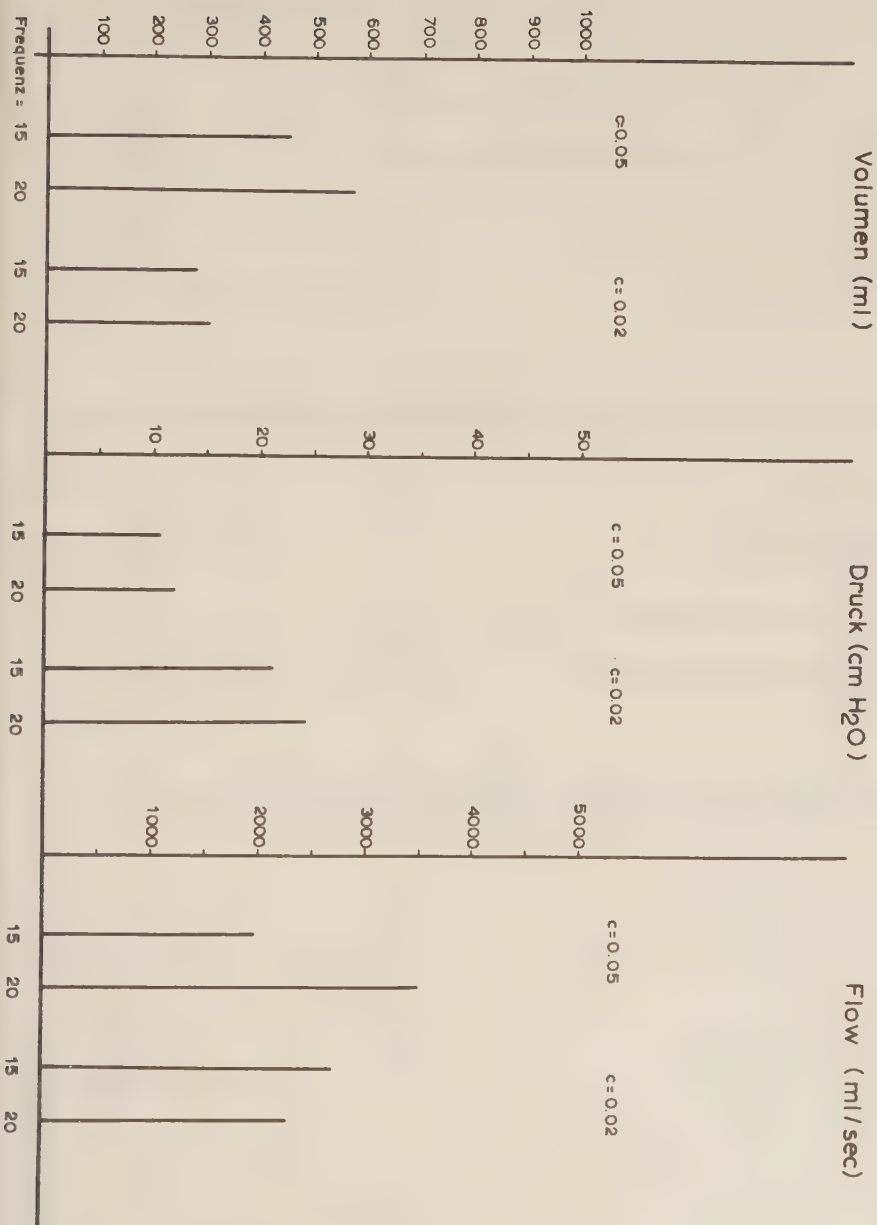
- 53 -

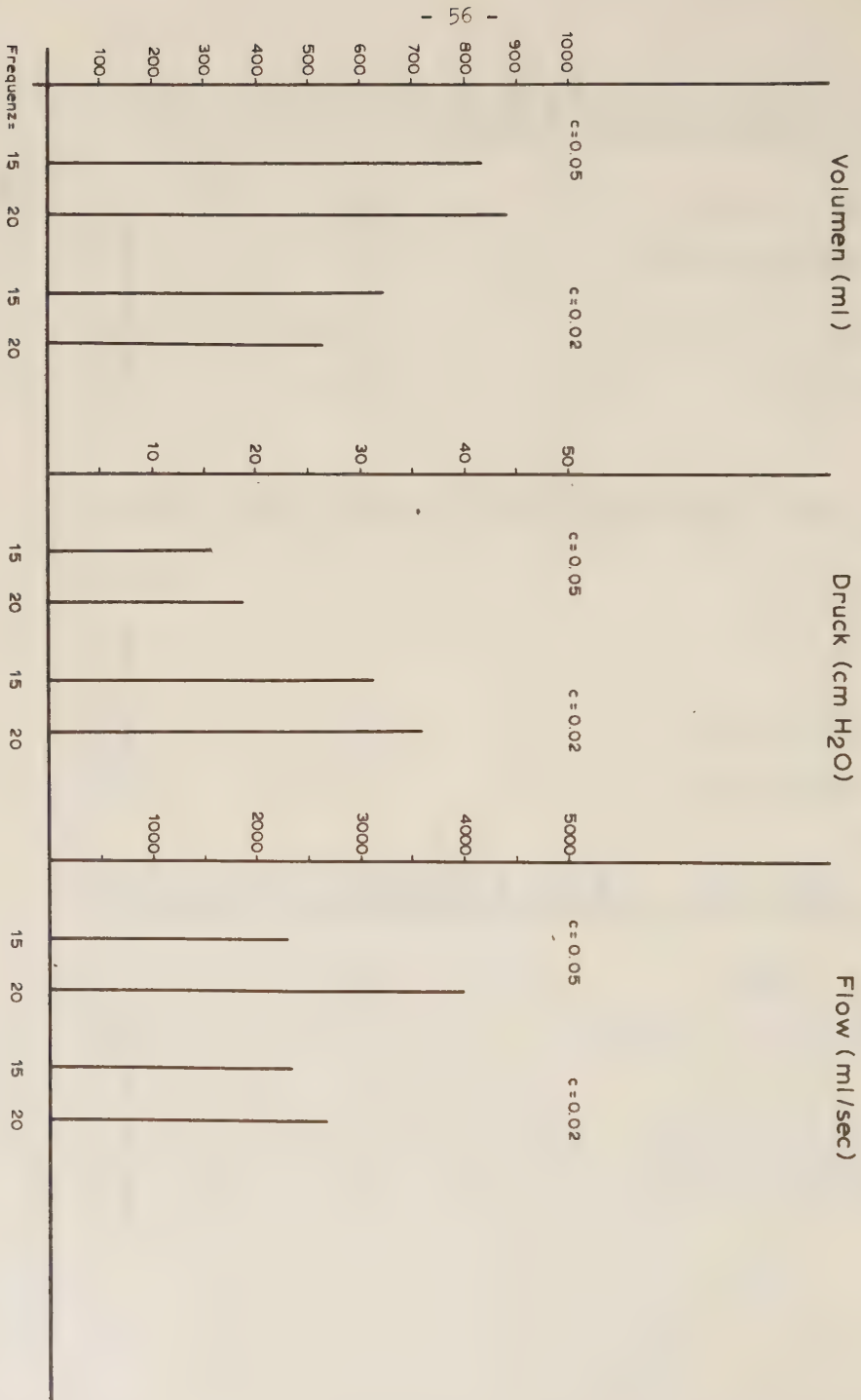


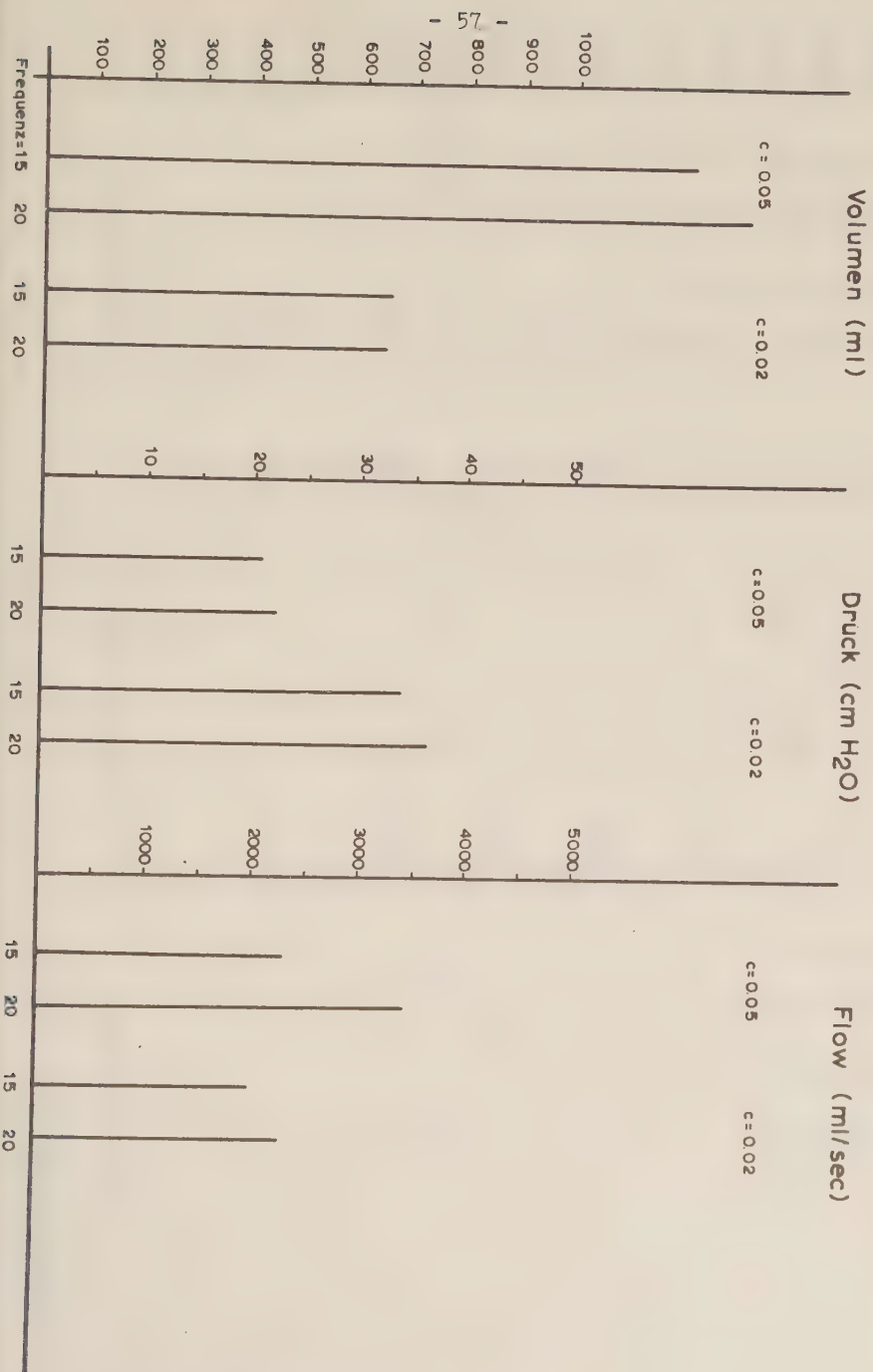


GNOM ALT

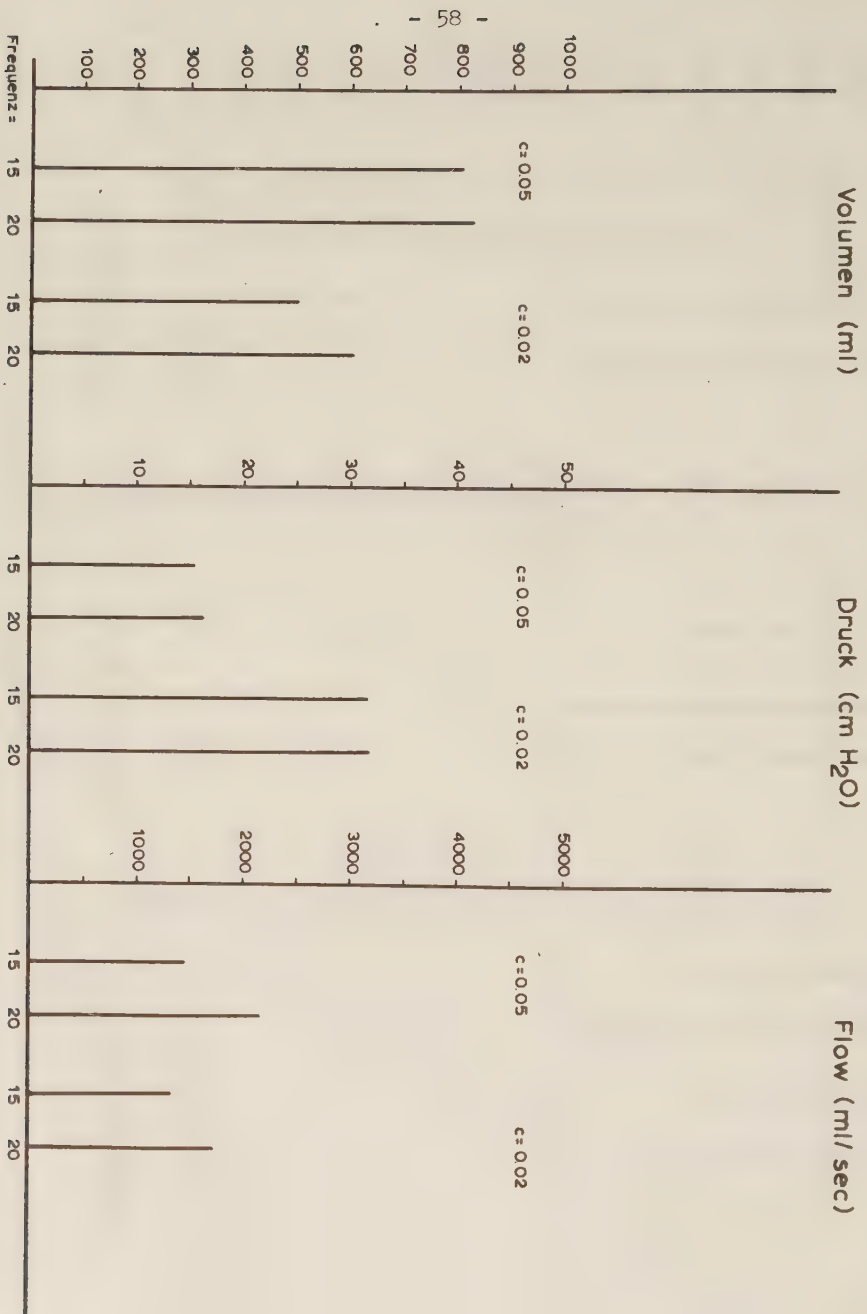
- 55 -

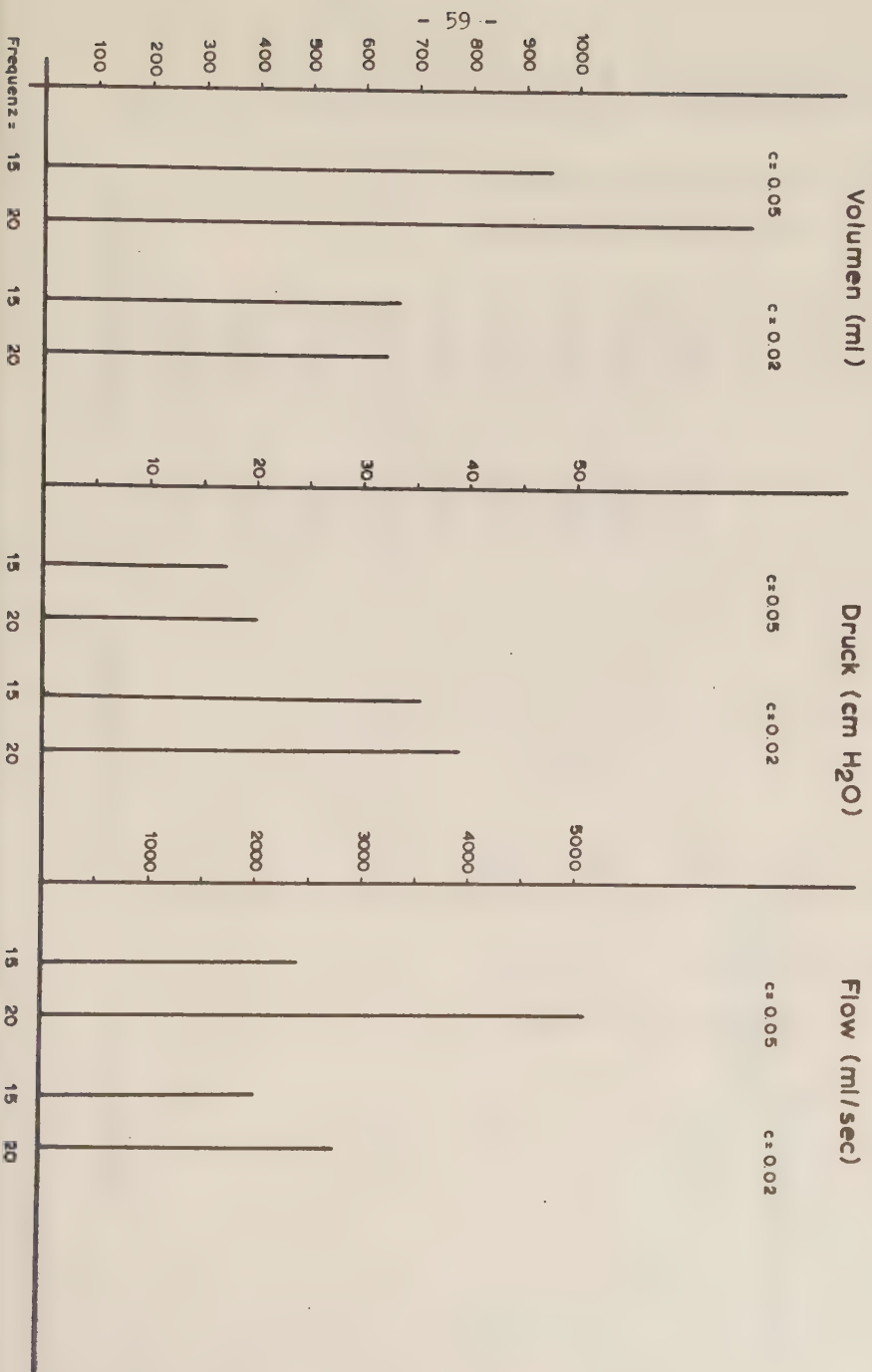




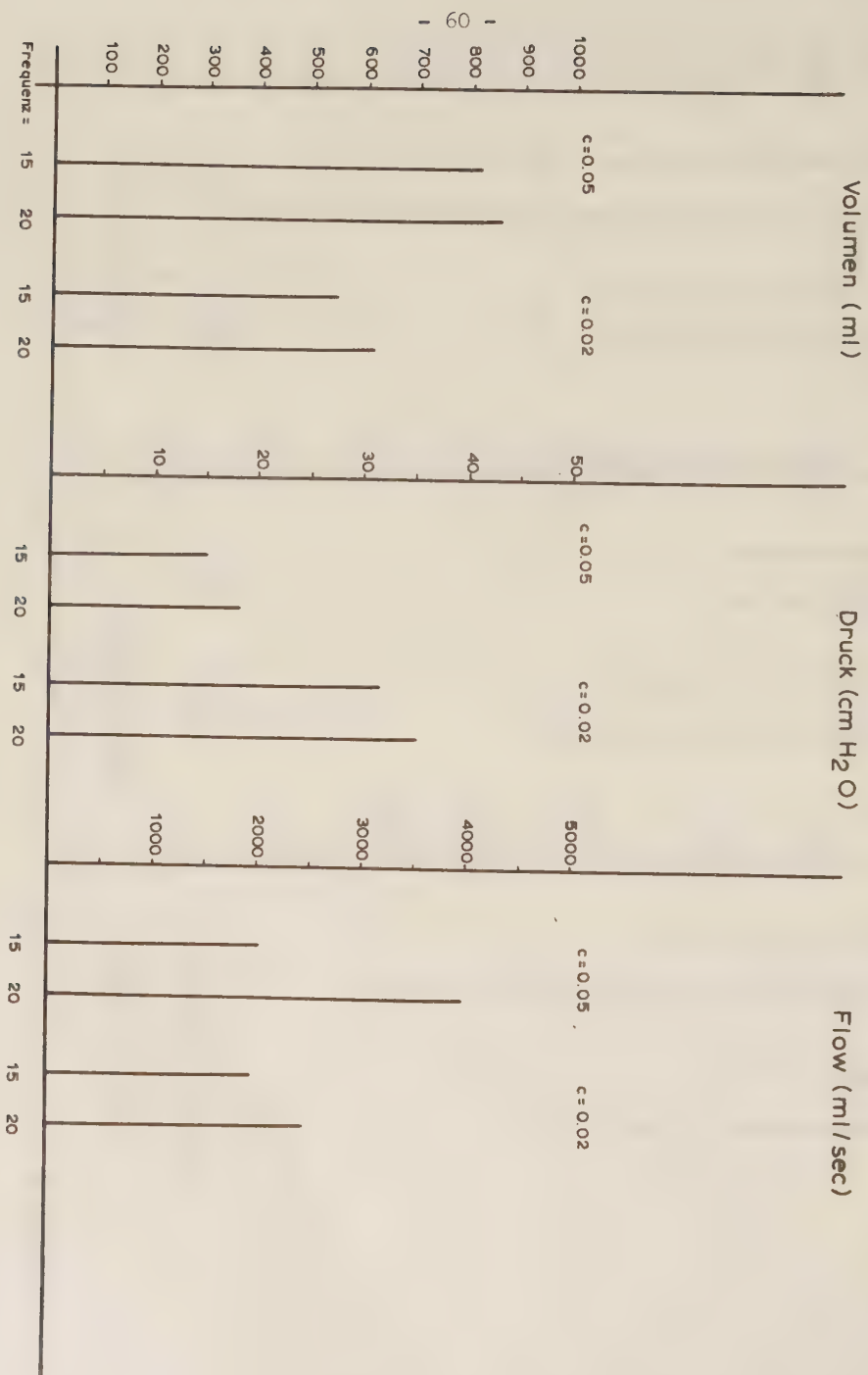


OXVITAL





VITALOGRAPH



Maximales Atemminutenvolumen l/Min
der Beatmer A, B, C

Agd	40.3	
Air Viva	43.88	
Ambu	43.58	
Dräger	52.8	
Gnom alt	25.75	
Gnom neu	31.35	
Hope	37.68	
Laerdal	45.85	
Ox-Vital	33.3	
Vitalograph	37.9	

Maximale Atemfrequenz n/Min
der Beatmer A, B, C

Agar 56

Air Viva 58

Ambu 36

Dräger 58

Gnom alt 57

Gnom neu 36

Hope 37

Laerdal 63

Ox-Vital 49

Vitalograph 43

Maximale Drucke mm Hg
der Beatmer A, B, C

Agg	228.9	
Air Viva	122	
Ambu	149	
Dräger	272.4	
Gnom alt	266.5	
Gnom neu	271.1	
Hope	119.5	
Laerdal	137.3	
Ox-Vital	124.7	
Vitalograph	205.2	

Durchschnittliche Beatmungs- volumina (ml)

Compliance: 0.05

Frequenz: 15

	A	B	C	$\bar{X}$	S
Aga	847	625	713	728	112
Air Viva	1130	493	776	799	319
Ambu	1156	776	976	969	190
Dräger	920	516	776	737	205
Gnom alt	553	460	360	457	96
Gnom neu	927	780	807	838	78
Hope	1390	1047	1232	1223	171
Laerdal	1200	780	880	953	219
Ox-Vital	900	740	780	806	83
Vitalograph	980	700	773	817	145
$\bar{X}$	1000	691	807		
S	230	176	217		

Tabelle 2

Durchschnittliche Beatmungsvolumina (ml)

Compliance: 0,05

Frequenz: 20

	A	B	C	$\bar{X}$	S
Aga	902	705	845	817	101
Air Viva	951	481	787	739	238
Ambu	1082	843	1007	977	122
Dräger	1135	750	962	949	193
Gnom alt	575	531	588	564	30
Gnom neu	1030	740	887	885	145
Hope	1138	1022	1023	1061	66
Laerdal	1560	1130	1287	1325	217
Ox-Vital	973	705	810	829	135
Vitalograph	910	777	865	850	67
$\bar{X}$	1025	768	906		
S	248	197	183		

Durchschnittliche Beatmungsvolumina (ml)

Compliance: 0.02...

Frequenz: 15...

	A	B	C	$\bar{X}$	S
Aga	620	560	586	588	30
Air Viva	560	300	546	468	146
Ambu	686	726	686	699	23
Dräger	806	553	573	644	140
Gnom alt	306	291	226	274	42
Gnom neu	686	626	633	648	32
Hope	660	653	633	648	14
Laerdal	746	580	680	668	83
Ox-Vital	553	480	453	495	51
Vitalograph	600	540	493	544	53
$\bar{X}$	622	531	551		
S	136	141	137		

Durchschnittliche Beatmungs- volumina (ml)

Compliance: 0.02

Frequenz: 20

	A	B	C	$\bar{X}$	S
Aga	615	372	610	532	139
Air Viva	547	327	622	498	153
Ambu	862	647	645	718	124
Dräger	710	390	665	588	173
Gnom alt	300	277	327	301	25
Gnom neu	527	615	460	534	77
Hope	705	610	605	640	56
Laerdal	790	615	525	643	135
Ox-Vital	757	455	590	600	151
Vitalograph	675	570	605	616	53
$\bar{X}$	648	488	565		
S	161	139	102		

Durchschnittliche Drucke (cm H₂O)

Compliance: 0.05

Frequenz: 15

	A	B	C	Mittelwert
Aga	17.2	14.6	16.93	16.2
Air Viva	19.66	12.06	15.86	15.9
Ambu	20.33	15.4	18.46	18.1
Dräger	18.8	12.0	10.86	13.9
Gnom alt	11.66	9.93	10.0	10.5
Gnom neu	16.6	14.46	15.66	15.6
Hope	21.8	17.93	21.13	20.3
Laerdal	19.66	14.93	16.93	17.2
Ox-Vital	15.73	14.26	15.8	15.3
Vitalograph	17.26	13.4	14.46	15.0

Durchschnittliche Drucke (cm H₂O)Compliance: 0.05Frequenz: 20

	A	B	C	Mittelwert
Aga	17.45	16.55	18.87	17.6
Air Viva	20.05	13.02	18.87	17.3
Ambu	21.37	19.35	21.65	20.8
Dräger	20.95	16.2	19.25	18.8
Gnom alt	12.7	11.55	11.92	12.0
Gnom neu	19.55	17.4	19.1	18.7
Hope	23.4	21.00	21.22	21.9
Laerdal	20.5	18.77	20.75	20.0
Ox-Vital	19.07	13.55	16.27	16.3
Vitalograph	19.35	16.82	17.95	18.0

Durchschnittliche Drucke (cm H₂O)Compliance: 0.02Frequenz: 15

	A	B	C	Mittelwert
Aga	31.72	30.12	34.0	31.9
Air Viva	31.06	23.06	29.72	27.9
Ambu	32.8	32.26	36.8	33.9
Dräger	36.66	28.26	33.46	32.8
Gnom alt	21.86	22.66	19.86	21.5
Gnom neu	36.12	33.86	25.2	31.7
Hope	34.26	32.12	35.46	33.0
Laerdal	39.06	31.06	37.32	35.8
Ox-Vital	31.2	30.66	32.66	31.5
Vitalograph	33.86	30.52	30.66	31.7

Durchschnittliche Drucke (cm H₂O)

Compliance: 0.02

Frequenz: 20

	A	B	C	Mittelwert
Aga	34.34	25.9	37.24	32.5
Air Viva	34.5	24.24	35.34	31.4
Ambu	40.4	32.1	35.2	35.9
Dräger	37.5	26.3	35.1	33.0
Gnom alt	24.74	22.04	25.7	24.2
Gnom neu	36.64	34.0	37.3	35.0
Hope	38.0	33.8	38.1	36.6
Laerdal	40.1	36.7	39.8	38.9
Ox-Vital	35.64	25.3	34.1	31.7
Vitalograph	38.3	35.8	31.3	35.1

Durchschnittliche Flows (ml/sec)

Compliance: 0.05

Frequenz: 15

	A	B	C	Mittelwert
Aga	2633	1900	2193	2242
Air Viva	1896	1690	1393	1659
Ambu	1756	1583	1440	1593
Dräger	2460	1593	1503	1852
Gnom alt	2526	1820	1633	1993
Gnom neu	2606	2513	1820	2313
Hope	2513	2340	2086	2313
Laerdal	2566	2420	2280	2422
Ox-Vital	1606	1366	1333	14.35
Vitalograph	2426	2146	1580	2050

Durchschnittliche Flows (ml/sec)

Compliance: 0,05

Frequenz: 20

	A	B	C	Mittelwert
Aga	3905	3450	5465	4273
Air Viva	3967	3265	3787	3673
Ambu	3272	3302	3012	3195
Dräger	3515	3870	4940	4108
Gnom alt	4110	3762	2622	3498
Gnom neu	3560	3830	4815	4068
Hope	3140	3432	3767	3446
Laerdal	5535	4795	5000	5110
Ox-Vital	1994	1952	2545	2163
Vitalograph	4185	4115	3515	3938

Durchschnittliche Flows (ml/sec)

Compliance: 0.02

Frequenz: 15

	A	B	C	Mittelwert
Aga	2673	1966	2500	2379
Air Viva	2160	3993	1643	2598
Ambu	1913	1873	2226	2004
Dräger	2720	1946	2600	2422
Gnom alt	2613	3326	2193	2710
Gnom neu	2473	2446	2086	2335
Hope	2020	2166	1940	2042
Laerdal	1706	2146	2200	2017
Ox-Vital	1300	1200	1380	1293
Vitalograph	2040	2186	1593	1939

Durchschnittliche Flows (ml/sec)

Compliance: 0.02

Frequenz: 20

	A	B	C	Mittelwert
Aga	2620	2155	2865	2546
Air Viva	2525	2765	2540	2610
Ambu	2225	2320	2360	2301
Dräger	2690	2290	2470	2483
Gnom alt	2235	2515	2195	2315
Gnom neu	2655	2725	2635	2671
Hope	2325	2215	2325	2288
Laerdal	2735	2545	3055	2778
Ox-Vital	1705	1580	1910	1731
Vitalograph	2695	2700	1945	2446

Compliance: .005.

Frequenz : 15

Differenzen der „Typen“-Mittelwerte

Aga										
Air Viva	71									
Ambu	241	170								
Dräger	9	62	232							
Gnom alt	271	342	512	280						
Gnom neu	110	39	131	99	381					
Hope	495	424	254	486	766	385				
Laerdal	225	154	16	216	496	115	270			
Ox-Vital	78	7	163	69	349	32	417	147		
Vitalograph	89	18	172	80	360	21	406	136	11	

$\hat{D}$ bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit = 7.46

$$\hat{D} \text{ bei } 1\% \quad " \quad " \quad = 8.62$$

Differenzen der „Typen“-Mittelwerte

Aga										
Air Viva	78									
Ambu	160	238								
Dräger	132	210	28							
Gnom alt	253	185	413	395						
Gnom neu	68	146	92	64	321					
Hope	244	332	84	112	497	176				
Laerdal	508	586	348	376	761	440	264			
Ox-Vital	12	90	148	120	265	56	232	496		
Vitalograph	33	111	127	21	286	35	211	475	21	

D bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit = 4.78

$$\hat{D} \text{ bei } 1\% \quad " \quad " \quad = 5.52$$

Compliance: 0.02

Frequenz : 20

Differenzen der „Typen“-Mittelwerte

Aga									
Air Viva	34								
Ambu	186	220							
Dräger	56	90	130						
Gnom alt	231	197	417	287					
Gnom neu	2	36	184	54	233				
Hope	108	148	78	52	339	106			
Laerdal	111	145	75	55	342	109	3		
Ox-Vital	68	102	118	12	299	66	40	43	
Vitalograph	84	118	102	28	315	82	24	27	16

$\hat{D}$ bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit = 5.1

$$\hat{D} \text{ bei } 1\% \quad " \quad " \quad = 5.89$$

Differenzen der Druckmittelwerte bzgl. der Frequenzen 15 und 20

Compliance : 0,05

	A	B	C
Aga	0.25	1.95	1.94
Air Viva	6.39	0.96	3.01
Ambu	1.04	3.95	3.19
Dräger	2.15	4.20	8.39
Gnom alt	1.04	1.62	1.92
Gnom neu	2.95	2.94	3.44
Hope	1.60	2.07	0.90
Laerdal	0.84	3.84	3.82
Ox-Vital	3.36	0.71	0.47
Vitalograph	2.09	3.42	3.49

Konfidenzbereich 3.25 ± 1.4

Irrtumswahrscheinlichkeit = 5 %

Differenzen der Flowmittelwerte bzgl.
der Frequenzen 15 und 20

Compliance : 0.05

	A	B	C
Aga	1272	1550	3272
Air Viva	2071	1575	2394
Ambu	1516	1719	1572
Dräger	1055	2277	3437
Gnom alt	1584	1942	989
Gnom neu	954	1317	2995
Hope	627	1092	1675
Laerdal	2969	2375	2720
Ox-Vital	388	586	1212
Vitalograph	1759	1969	1935

Konfidenzbereich 1759.9 ± 293.5

Irrtumswahrscheinlichkeit = 5%

Differenzen der Druckmittelwerte bzgl.
der Frequenzen 15 und 20

Compliance : 0.02

	A	B	C
Aga	2.62	4.22	3.24
Air Viva	3.44	1.18	5.62
Ambu	7.60	0.16	1.60
Dräger	0.84	1.96	1.64
Gnom alt	2.88	0.62	5.84
Gnom neu	0.52	0.14	12.10
Hope	4.26	1.68	2.64
Laerdal	1.04	5.64	2.48
Ox-Vital	4.44	5.36	1.44
Vitalograph	4.44	5.28	0.64

Konfidenzbereich 3.17 ± 0.96

Irrtumswahrscheinlichkeit = 5%

Differenzen der Flowmittelwerte bzgl.
der Frequenzen 15 und 20

Compliance : 0.02

	A	B	C
Aga	53	189	365
Air Viva	365	1228	897
Ambu	312	447	134
Dräger	30	344	130
Gnom alt	378	821	2
Gnom neu	182	279	549
Hope	305	49	385
Laerdal	1029	399	855
Ox-Vital	405	380	530
Vitalograph	1185	514	352

Konfidenzbereich 436 ± 123.5

Irrtumswahrscheinlichkeit = 5%

Tabelle 21

Max. AMV (I) und erzielte
Frequenzen/min

Aga	41.3 n = 45	37.7 n = 57	42.0 n = 65
Air Viva	47.1 n = 60	35.3 n = 57	49.25 n = 58
Ambu	44.45 n = 34	44.7 n = 38	41.6 n = 36
Dräger	59.35 n = 61	46.6 n = 56	52.45 n = 58
Gnom alt	26.75 n = 46	24.3 n = 58	26.2 n = 66
Gnom neu	33.6 n = 34	29.8 n = 40	30.75 n = 35
Hope	41.25 n = 40	33.5 n = 36	38.3 n = 36
Laerdal	51.1 n = 62	34.7 n = 60	51.75 n = 66
Ox-Vital	40.45 n = 40	26.15 n = 58	33.4 n = 49
Vitalograph	39.25 n = 37	32.65 n = 45	41.8 n = 47

Tabelle 22

Max. Drucke (mm Hg)
Mittelwert ermittelt aus drei
Werten

	A	B	C
Aga	281.2	201.2	204
Air Viva	136.6	105.2	124
Ambu	184	120	143.2
Dräger	340	225.2	252
Gnom alt	236	289.2*	274.4
Gnom neu	300 *	256	257.2
Hope	129.2	115.2	114
Laerdal	162.6	119.2	130
Ox-Vital	120	122	132
Vitalograph	238.6	174.6	202.6

* Ventile sind durchgeschlagen

V. Lebenslauf
=====

Am 29.7.1944 wurde ich als Sohn des Personalleiters Karl Galloy und seiner Ehefrau Ottilie, geb. Tannenberger, in Mainz geboren. Dort besuchte ich von 1951 - 1955 die Volksschule, danach das humanistische Rabanus - Maurus - Gymnasium. Hier legte ich im März 1966 die Reifeprüfung ab.

Nach dem Abitur leistete ich einen zweijährigen Wehrdienst ab.

Im Sommersemester 1968 immatrikulierte ich mich für das Studium der Zahnheilkunde an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz. Im Wintersemester 1968/69 bestand ich die Naturwissenschaftliche Vorprüfung, im Sommersemester 1970 die Zahnärztliche Vorprüfung. Im Wintersemester 1972/73 legte ich das Staatsexamen ab und erhielt am 8.6.1973 die Bestallung als Zahnarzt.

Nach dem Staatsexamen widmete ich mich weiter meiner Dissertation. Dann wurde ich zunächst als Assistent in einer zahnärztlichen Gemeinschaftspraxis in Friedberg und z.Zt. in einer Landpraxis in Langenlonsheim tätig.

Seit dem 25. Oktober 1974 bin ich verheiratet.

Für die freundliche Überlassung des Themas möchte ich mich bei Herrn Professor Dr. R. Frey bedanken. Herrn Professor Dr. H.-U. Gerbershagen möchte ich für die Unterstützung bei der Durchführung der Versuche meinen herzlichen Dank aussprechen.

Ich danke auch Herrn Dr. Foltin aus dem Institut für Medizinische Dokumentation und Statistik unter der Leitung von Professor Dr. Dr. S. Koller für seine Hilfsbereitschaft bei der statistischen Beratung.



